

79 研(五)

海岸結構物交角效應之研究

台灣省交通處港灣技術研究所
中華民國七十九年六月三十日

海岸結構物交角效應之研究

計劃主持人：研究員兼組長 黃清和

協同主持人：副 研 究 員 曾哲茂

副 研 究 員 邱永芳

參與人員：助理研究員 江金德

助 理 張國泉

蔡金吉

技 工 楊怡芸

蔡瑞成

何炳紹

陳進冰

李江澤

海岸結構物交角效應之研究

目 錄

中文摘要	I
圖 表 名	II
壹.前 言	1

貳.試驗內容及結果

PART A -- 單一型式海岸結構物交角效應試驗研究	2
一.試驗設備	2
二.模型製作	3
三.試驗條件	5
四.試驗量測	6
五.資料分析與試驗結果	7
PART B -- 海岸結構物導浪消波特性三維試驗研究	23
一.試驗設備	23
二.模型製作	23
三.試驗量測	23
四.洞孔式消波結構物斷面	25
五.試驗條件	30

六.資料分析與試驗結果	31
PART C -- 海岸結構物不同交角波能集中效應試驗研究	67
一.試驗設備	67
二.試驗條件及內容	67
三.試驗資料分析及試驗結果	71
參.結論及建議	83
附錄圖 C	85

摘 要

本研究利用物理模型試驗分別探討(1)花蓮港舊東防波堤以及台中港北防波延伸後海岸結構物交角附近在不同入射波向與波浪條件作用下波能集中效應(2)防波堤不同構造物斷面在結構物交角處防波堤導浪之消波效果以及(3)廣泛地針對不同海岸結構物交角，就不同入射波浪方景與波浪條件作用下，探討結構物交角附近波能集中效應與波浪入射角度、波浪條件之相關性，俾瞭解各種不同交角結構物於不同波浪入射條件作用下，在配置不同消波型態、方式時，其附近水域波高分佈情況，以供港務局作為規劃、擴建及改善港口防波堤配置時之參考依據。

圖 名

- 圖 A-1 造波機及資料處理系統
- 圖 A-2 波高計量測位置圖
- 圖 A-3(a)-(g) 試驗結果波高係數分佈
- 圖 A-4(a)-(g) 試驗結果波高係數分佈
- 圖 A-5(a)-(g) 試驗結果波高係數分佈
- 圖 A-6 PART A 無因次化相對波能比與相對水深關係圖
- 圖 A-7 PART A 無因次化相對波能比與波浪入射角度關係圖
- 圖 B-1 波高計分佈圖
- 圖 B-2 佈置 A 直立壁沈箱堤
- 圖 B-3 佈置 B 開孔式沈箱堤內置消波塊
- 圖 B-4 佈置 C 開孔式沈箱堤內置加斜坡
- 圖 B-5 佈置 D 直立壁沈箱堤內側加消波塊
- 圖 B-6 PART B 無因次化相對波能比與相對水深關係圖
- 圖 B-7(a)-(f) 試驗結果波高係數分佈(佈置 A)
- 圖 B-8(a)-(f) 試驗結果波高係數分佈(佈置 B)
- 圖 B-9(a)-(f) 試驗結果波高係數分佈(佈置 C)
- 圖 B-10(a)-(f) 試驗結果波高係數分佈(佈置 D)
- 圖 B-11 PART B 測區範圍標示圖
- 圖 B-12(a)-(f) 臨界波向試驗結果四種佈置波高係數比較
- 圖 C-1 PART C 波浪入射角度定義圖
- 圖 C-2 PART C 波高針配置圖
- 圖 C-3(a)~(c) PART C 不同結構物交角相對波能比與波浪尖銳度關係圖
- 圖 C-4(a)~(c) PART C 不同入射波向相對波能比與波浪尖銳度關係圖

表 名

表 A-1 PART A 試驗資料分析表

表 B-1 PART B 試驗波浪條件

表 B-2 PART B 試驗資料分析表

表 B-3 PART B 臨界波向試驗結果各區水域平均波高係數

表 C-1 PART C 結構物交角與波浪入射角度

表 C-2 PART C 試驗條件

表 C-3 PART C 試驗資料分析表

海岸結構物交角效應之研究

壹. 前 言

海岸結構物佈置，影響週遭附近水域波浪以及水流情況至巨，而結構物採用交角方式設計乃屬平常之事，尤其在台灣東海岸因受地形陡峻等條件之影響與西海岸因沙灘平直之故，舉凡防波波堤之規劃設計，不是沿著陸地構築即必須向外海延伸，興建長達數千公尺之防波堤以遮蔽水域，除因此造成狹長封閉式港內水域因波能集中無法擴散，產生嚴重共振現象外，在防波堤它側也常因此種長達數千公尺防波堤導浪之效果，致在結構物交角附近產生嚴重波能集中效應，以致破壞堤基安全，如本省在花蓮港舊東堤以及台中港北防波堤延伸擴建工程等，均有類似情況發生，本所基於職責所在，為改善並提供爾後類似此種防波堤之規劃設計參考及研擬因應措施如何在交角處附近消滅波浪能量等問題，故本研究乃利用物理模型試驗針對下列三項主題，分別為(1)根據花蓮港舊東防波堤以及台中港北防波堤延伸後之構造物交角型態進行不同波浪條件、波浪入射角度試驗，以探討在不同波浪條件作用下，波浪入射角度與構造物附近波能集中之關係(2)探討防波堤不同構造物斷面對防波堤導浪之消波效果以及(3)廣泛地，針對不同海岸結構物交角，就不同入射波浪方向與波浪作用條件，探討結構物交角附近波能集中現象與波浪入射角度、波浪條件之相關性，俾瞭解各種不同交角結構物於不同波浪入射條件作用下，在配置不同消波型態、方式時，其附近水域波高分佈情況，進而提出一設計規範以供港務局作為規劃、擴建及改善港口防波堤設置時之參考依據。

貳. 試驗內容及結果

PART A -- 單一型式海岸結構物交角效應試驗研究

第一項研究主題，主要擬探討花蓮港舊東堤外側以及台中港外廓堤防擴建後北防波堤內側，因結構物延伸甚長，致產生嚴重導波現象在交角處附近波能集中效應，俾提出有關改善措施以供港務局參考，因兩者結構物交角頗為類似，惟花港局舊東堤已建好，而台中港北防波堤延伸擴建工程正在規劃設計中，為期使研究成果能馬上應用到實務，故乃選擇以台中港北防波堤延伸 850 公尺之單一型式結構物佈置，以研究不同波浪入射角度以及波浪條件作用後其波能集中效應，謹將本試驗敘述如后：

一. 試驗設備

本試驗在本所第二試驗場棚辦理，長 84m，寬 60.5m，內部主要設備有

<一>試驗水池

長 62m、寬 57m、深 1m，附屬設備有蓄水池、恒壓水塔、環流設備及雙向移動台車及吊車等。

<二>不規則造波機

不規則波造波機為油壓推移式，由 DHI 製造，主要單元有信號產生器、讀紙帶機及伺服閥，由二部 20 HP 驅動馬達帶動四台長 5.5m 長之造波機可將現場實測波浪資料與擬採用試

驗波譜資料之水位變化以每秒 2-4 個資料打入紙帶,由讀紙帶機讀入後經貝瑟轉換函數(Bessel Function Transformation)控制造波機衝程變化,推動造波機製造與原型相似之試驗波浪。藉增減紙帶讀速可以改變波浪尖峰週期 (peak period),而調整增幅因子 (Amplification factor) 大小,可以製造試驗所需各種波高,造波機系統如圖 A-1。

〈三〉資料處理系統

試驗水池內各測點水面變化,經由電容式波高計感應成為電容變化,輸入增幅器轉變成電壓再與類比/數值轉換器(A/D Convertor)及微電腦連線處理試驗所錄取資料,如圖 A-1。

二.模型製作

根據台中港水深測量圖以及北防波堤延伸 850 公尺後之外廓堤防佈置,在試驗水池中以縮尺 1:100 比例製作定床模型,海底等深線及防波堤構造物均按比例製作,模型底床用砂鋪成,上層加 3 公分水泥砂漿粉,模型製作後進水校核等深線。

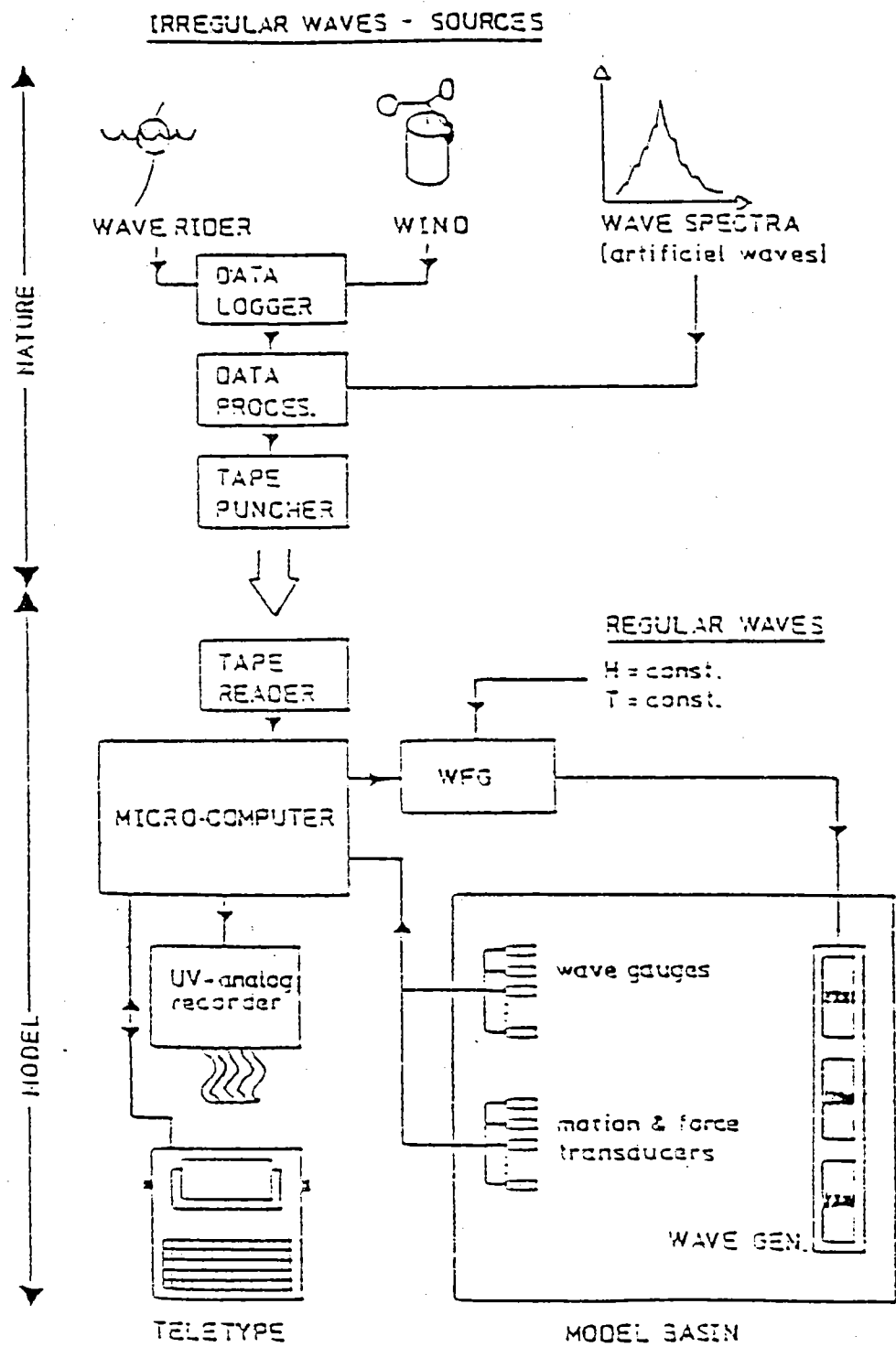


圖 A-1 造波機及資料處理系統

三.試驗條件

〈一〉試驗水深採用 $d=50\text{cm}$ 當作零水位線

〈二〉試驗入射波浪角度以台中港北防波堤延伸段為基準,逆鐘向角度 θ 定義為入射角度,本試驗採用 $\theta = 30^\circ$ 、 52.5° 以及 75° 等三種。

〈三〉波高與週期

試驗所採用模型波浪條件如下：

週期： $0.7\text{sec} \sim 1.40\text{sec}$

波高： $2.0\text{cm} \sim 7.0\text{cm}$

波浪尖銳度： $0.02 \sim 0.032$

相對水深： $0.2 \sim 0.7$

換算為現場波浪條件為

週期： $7\text{sec} \sim 14\text{sec}$

波高： $2\text{m} \sim 7\text{m}$

四.試驗量測

波高計量測位置如圖 A-2 所示,以量測波浪入侵時,在該結構物附近之波高變化,並於造波機前方平行造波板方向放置兩支波高計,所量測得波浪平均值代表入射波。

試驗前先以水位變化 8cm 相當於電壓變化 1.6 Volt ,率定波高計並校驗水位與電壓成線性變化關係,啟動造波機製造外海入射波浪,當由外海傳播進入測區之波浪成熟時,資料處理系統以 $30 \sim 40\text{ Sampling/sec}$ 快速掃瞄各測點水位變化,並將數值資料儲存於電腦磁

碟中，試驗結束後立即分析統計測點波浪特性。

水位變化資料經由程式分析可得最大波高 (H_{max})、最大十分之一波高 ($H_{1/10}$)、最大三分之一平均波高 ($H_{1/3}$)、平均波高 (H_{mean})、波高分佈是以各測點，波高係數表示，波高係數定義為測點之示性波高與入射波浪之示性波高比值。

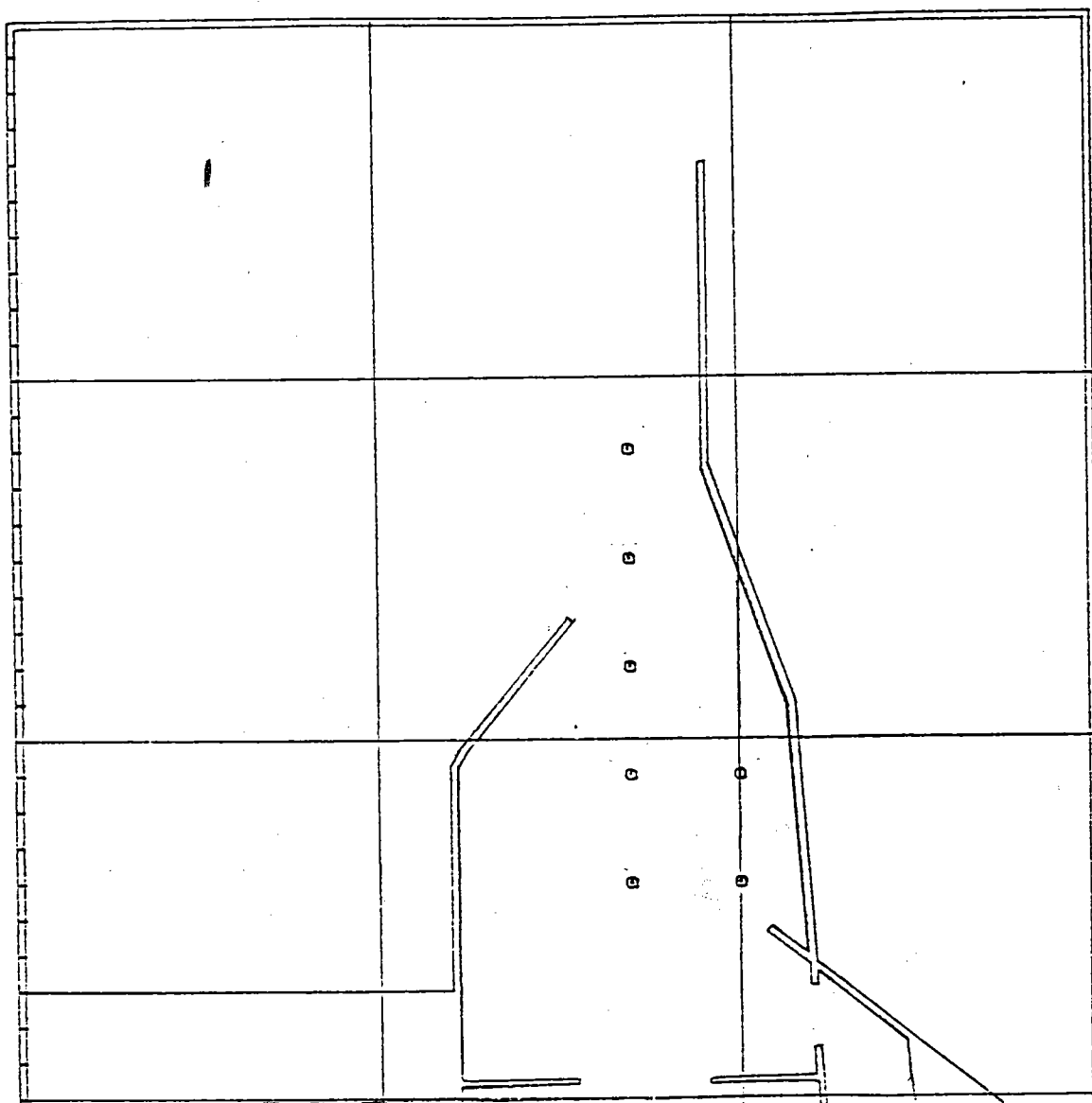


圖 A-2 波高計量測位置圖

五.資料分析與試驗結果

單一型式海岸結構物在三種不同波浪入射角度以及不同波浪條件作用下,在結構物附近,波高分佈係數分別如圖 A-3 ~ 圖 A-5 所示。詳細資料分析如表 A-1 中所示,表中 (E/E_1) 為無因次化後之波能比定義為海岸結構物交角附近平均波能與入射波能之比,作為波能集中效應之指標,圖 A-6 則為各種不同波浪條件當波浪入射角度不同時,在結構物附近其無因次化相對波能比與相對水深比值 d/L 之關係圖,圖中符號"×"、"O"、"△"分別表波浪入射角度 θ 為 30° 、 52.5° 以及 75° 向在各種不同相對水深之試驗結果,試驗結果顯示,當波浪採與結構物較小角度,即 $\theta = 30^\circ$ 方向入侵時,平均相對波能比為 0.712,相對水深比值大於 0.4 者,試驗結果顯示其波能比小於平均值,相對水深比值小於 0.4 者,其波能比則大於平均值;而當波浪入射角度增加為 $\theta = 52.5^\circ$ 方向入侵時,平均相對波能百分比則明顯增加為 1.34 惟試驗結果顯示當相對水深 d/L 比值大於 0.4 者,其相對波能比則大於平均值,且 d/L 比值愈大,其相對波能比更大,相對水深比值小於 0.4 者,而其相對波能比則小於平均值,此現象恰與 $\theta = 30^\circ$ 方向時之趨勢相反;當波浪入射角度增加,即 $\theta = 75^\circ$ 方向時,其平均相對波能比則減小為 0.83,而試驗結果顯示,相對水深比值較小者,其相對波能比值較平均值小。

圖 A-7 為該種單一型式海岸結構物附近其相對波能無因次比值與波浪入射角度關係圖,每種入射角度,波浪尖銳度介於 0.02~0.032

間試驗結果顯示，以 $\theta = 52.5^\circ$ 向時，波能集中效應最為顯著，且變化範圍亦較大。

故綜合 Part A 試驗結果，可獲致以下結論：

針對台中港北防波堤延伸擴建 850 公尺後以及花蓮港舊東堤海側等兩種海岸結構物，波能集中效應以波浪入射角度 $\theta = 52.5^\circ$ 時，效果最為顯著，亦即在該種波向波浪入侵時，最經常也最容易分別影響及造成台中港港內水域之穩靜與舊東堤交角處堤基之損壞，此研究成果亦可提供爾後未來防波堤在規劃與設計前其延伸段防波堤方向應避免與該區最經常發生波浪或最大波浪之方向成該種設計角度。

表 A-1 Part A 試驗資料分析表

入射角度 (θ)	$T\frac{1}{8}$ (sec)	$H\frac{1}{8}$ (cm)	L_o (cm)	$\frac{d}{L_o}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{H}{H_o'}$	H_o'	$\frac{H_o'}{L_o}$	$\frac{E}{E_i}$
30°	0.69	2.21	74.3	0.6729	0.6703	0.9983	2.21	0.0300	0.665
	0.80	3.14	99.8	0.5010	0.5028	0.9906	3.17	0.0318	0.603
	0.90	3.70	126.4	0.3956	0.4007	0.9751	3.79	0.0300	0.689
	1.00	4.04	456.0	0.3205	0.3307	0.9554	4.23	0.0271	0.848
	1.21	4.07	228.4	0.2189	0.2412	0.9228	5.09	0.0223	0.765
	1.41	5.66	310.1	0.1612	0.1925	0.9130	6.20	0.0200	0.686
	1.39	6.54	301.4	0.1659	0.1966	0.9132	7.16	0.0238	0.730
52.5°	0.71	2.08	78.6	0.6361	0.6355	0.9976	2.09	0.0265	1.951
	0.79	3.08	97.4	0.5133	0.5146	0.9916	3.11	0.0319	1.453
	0.89	3.60	123.6	0.4045	0.4093	0.9769	3.69	0.0298	1.314
	1.01	4.00	159.1	0.3143	0.3157	0.9502	4.21	0.0264	1.330
	1.21	4.63	228.4	0.2189	0.2412	0.9228	5.02	0.0220	0.939
	1.40	5.53	305.8	0.1635	0.1946	0.9130	6.06	0.0198	1.163
	1.39	6.78	301.4	0.1659	0.1966	0.9132	7.42	0.0246	1.212
75°	0.71	2.07	78.6	0.6361	0.6355	0.9976	2.07	0.0264	0.814
	0.80	3.05	99.8	0.5010	0.5028	0.9906	3.08	0.0309	0.883
	0.90	3.50	120.4	0.3957	0.4007	0.9751	3.59	0.0284	1.027
	1.00	4.06	156.0	0.3205	0.3307	0.9554	4.25	0.0272	0.821
	1.20	4.61	224.6	0.2226	0.2528	0.9268	4.97	0.0220	0.927
	1.40	5.56	305.8	0.1635	0.1946	0.9130	6.09	0.0199	0.716
	1.41	6.75	310.1	0.1612	0.1925	0.9130	7.39	0.0238	0.620

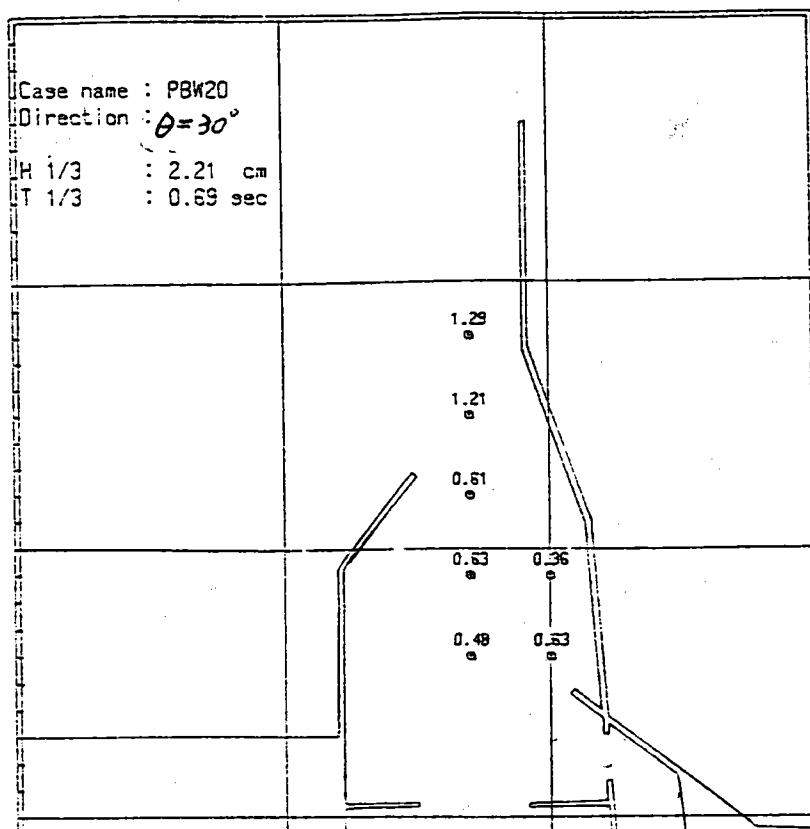


圖 A-3(a) PART A 試驗結果波高係數分佈

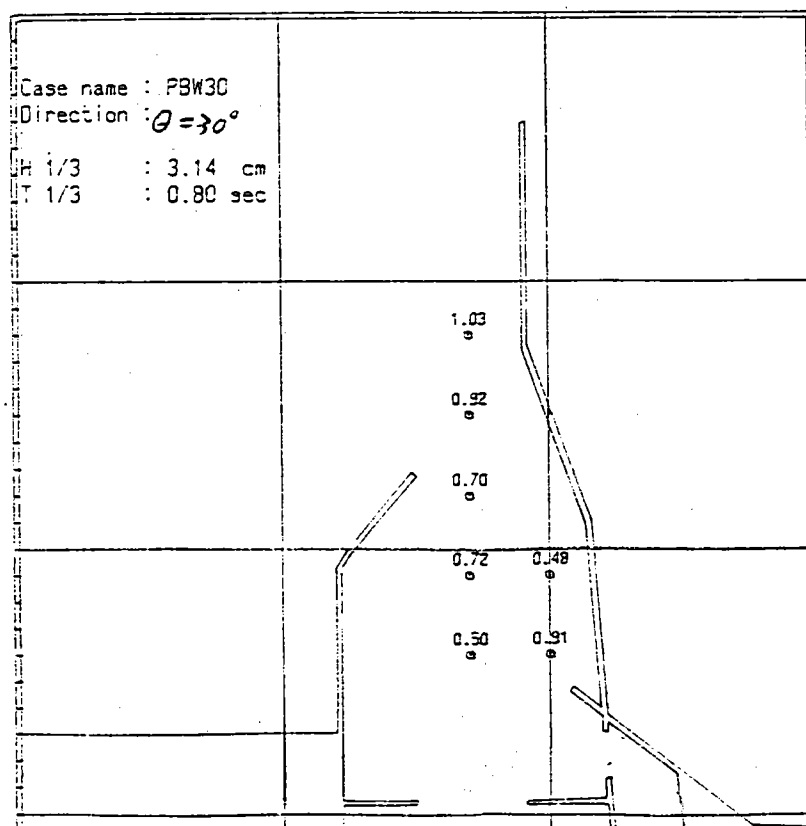


圖 A-3(b) PART A 試驗結果波高係數分佈

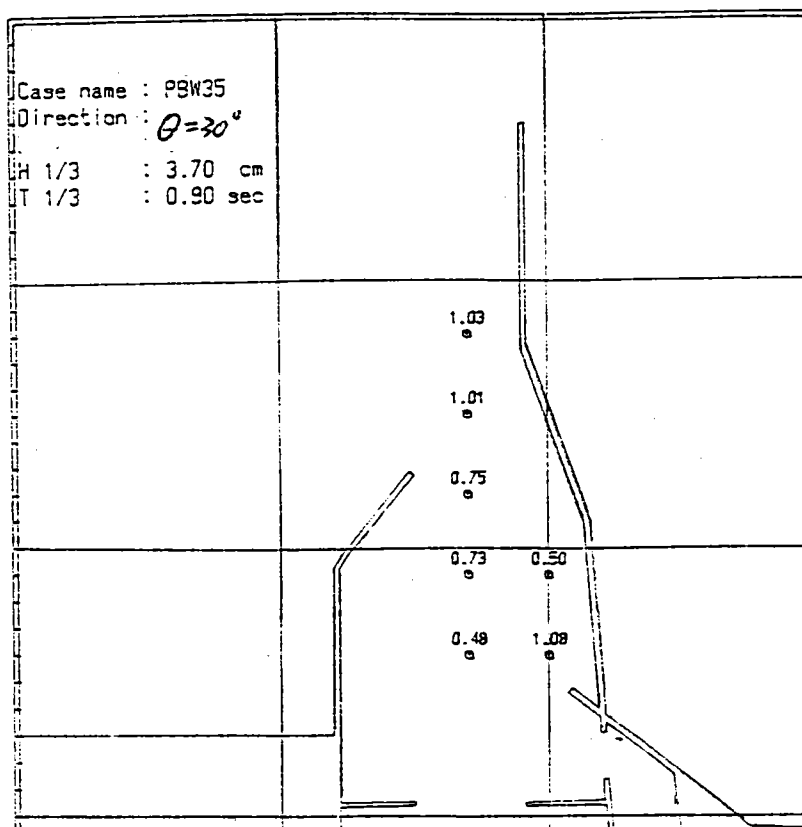


圖 A-3(c) PART A 試驗結果波高係數分佈

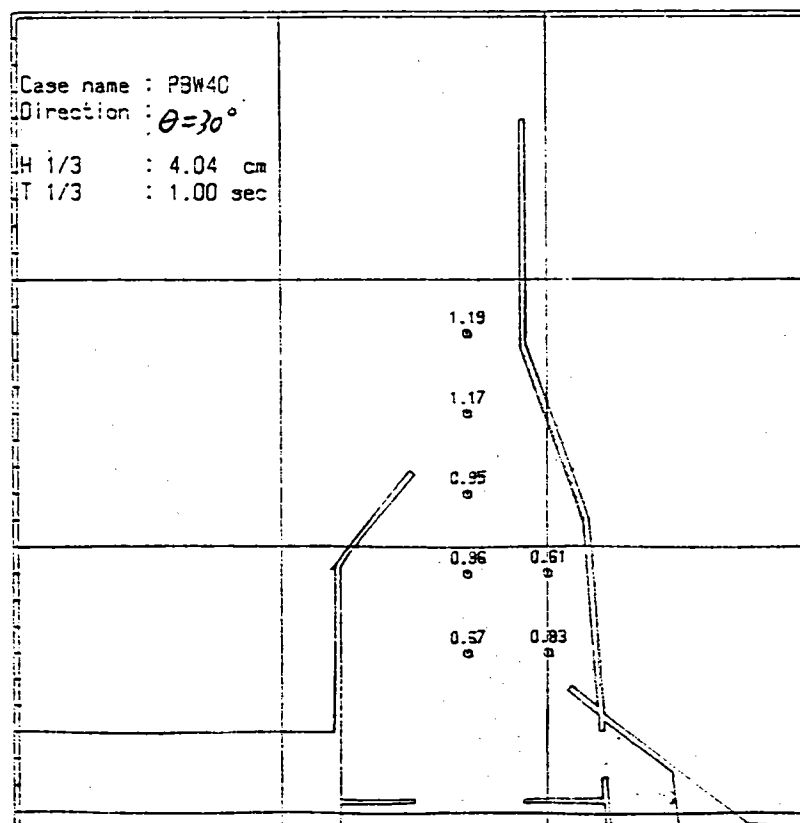


圖 A-3(d) PART A 試驗結果波高係數分佈

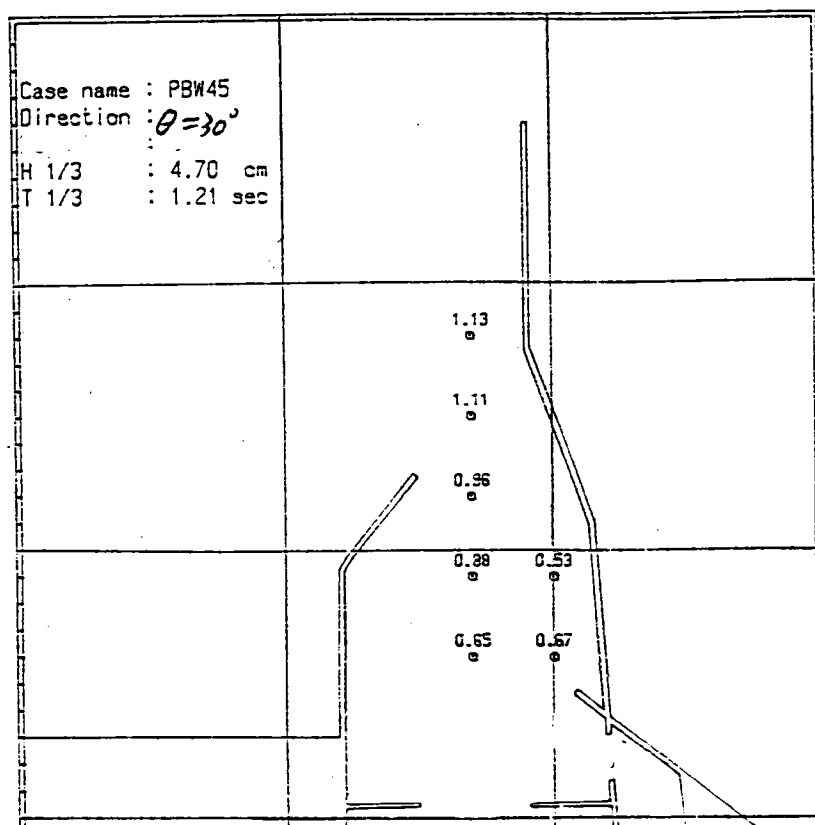


圖 A-3(e) PART A 試驗結果波高係數分佈

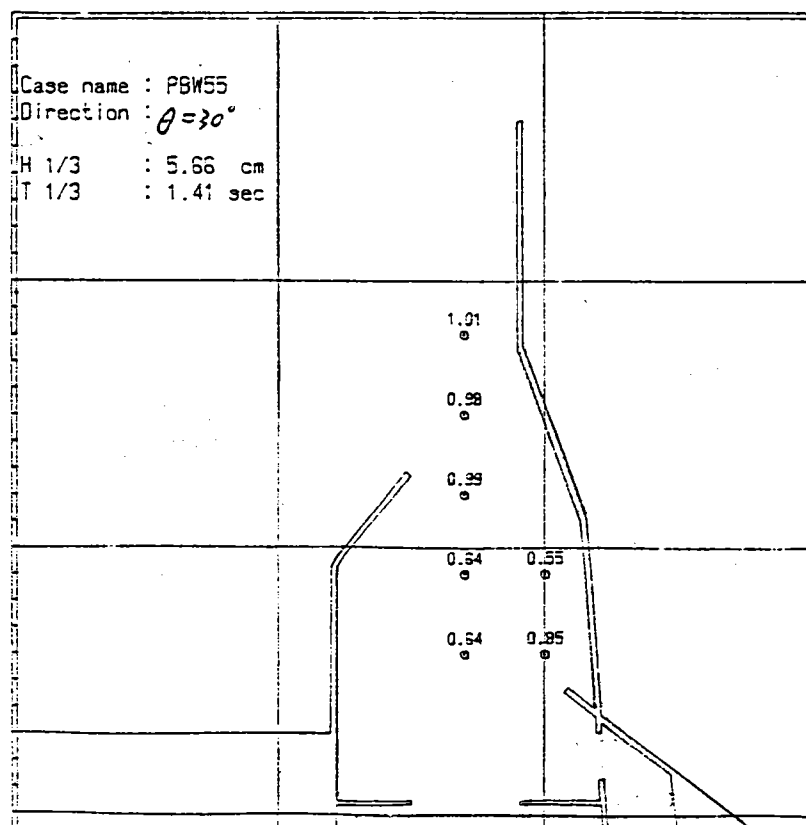


圖 A-3(f) PART A 試驗結果波高係數分佈

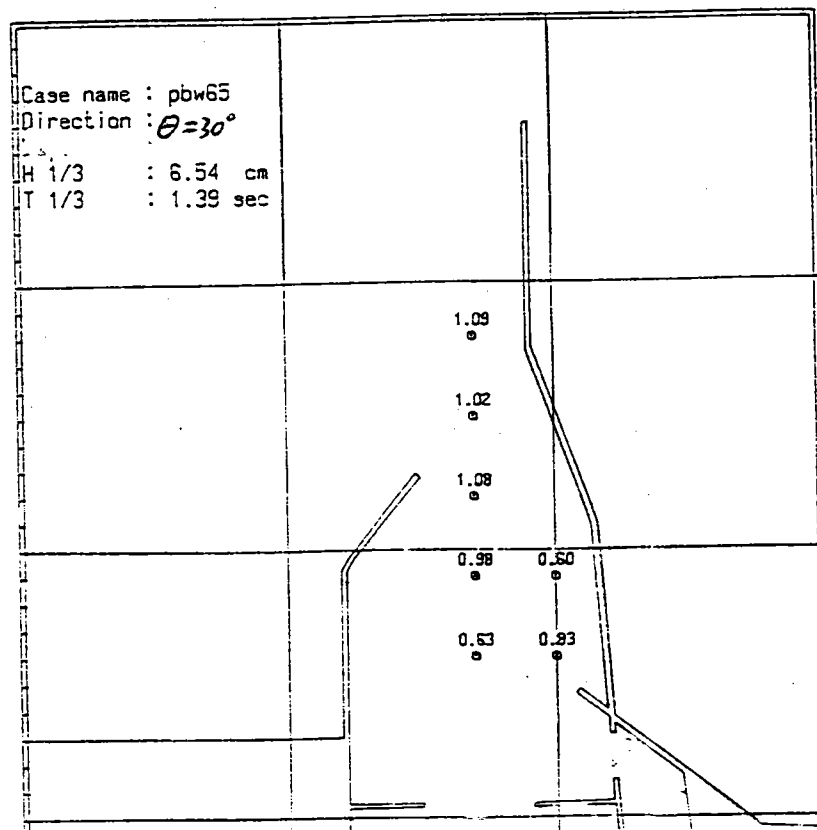


圖 A-3(g) PART A 試驗結果波高係數分佈

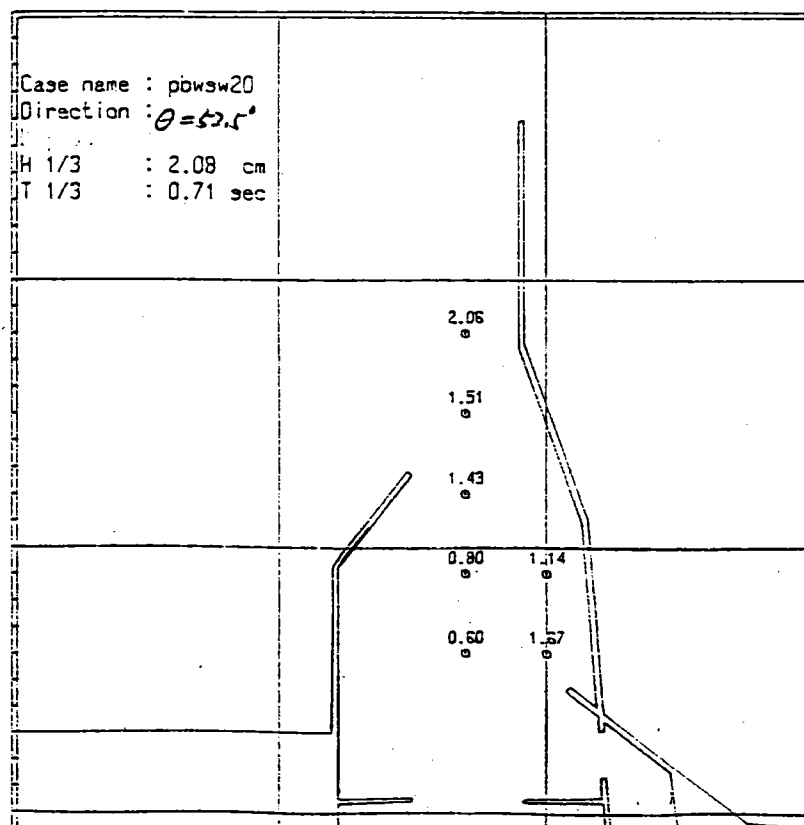


圖 A-4(a) PART A 試驗結果波高係數分佈

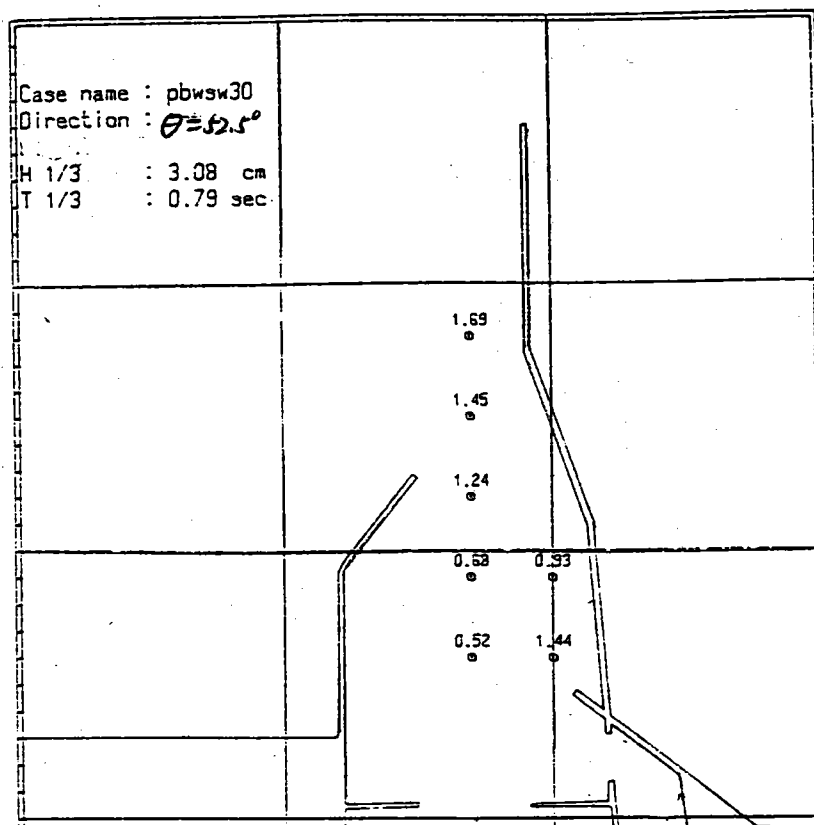


圖 A-4(b) PART A 試驗結果波高係數分佈

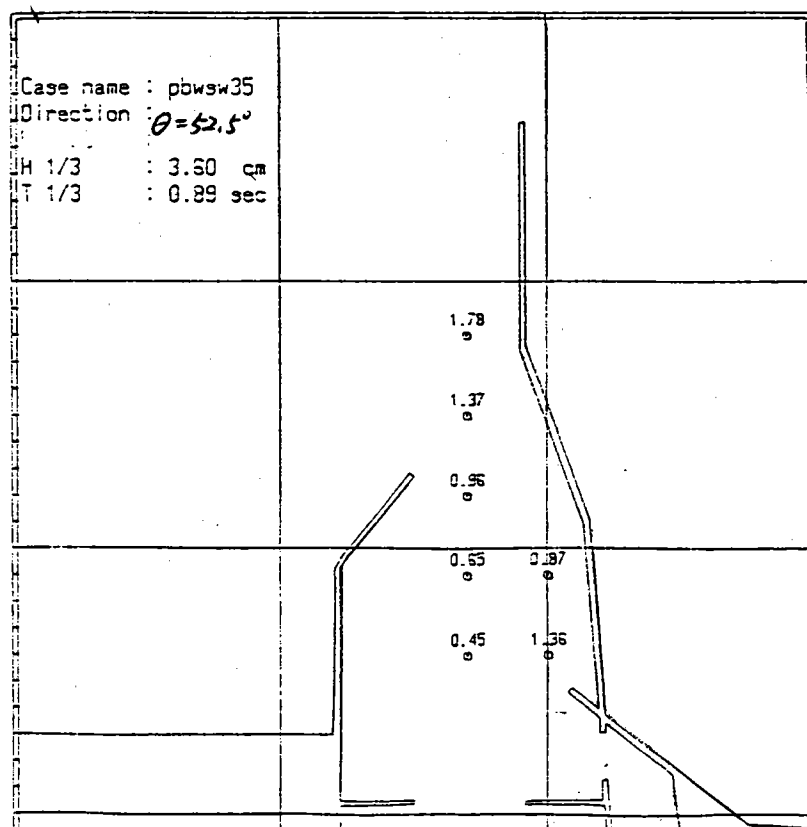


圖 A-4(c) PART A 試驗結果波高係數分佈

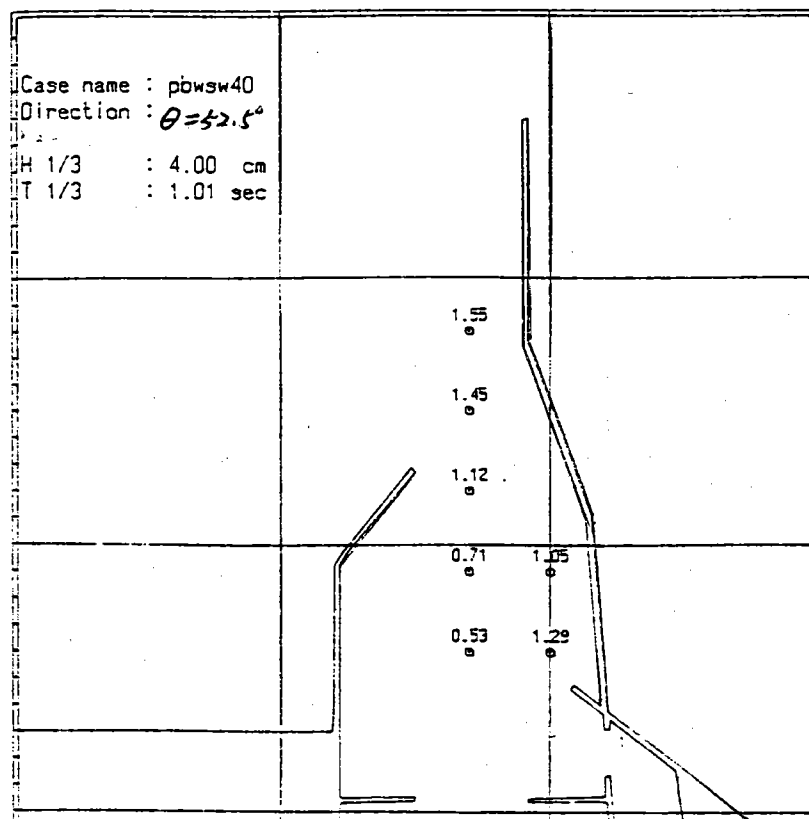


圖 A-4(d) PART A 試驗結果波高係數分佈

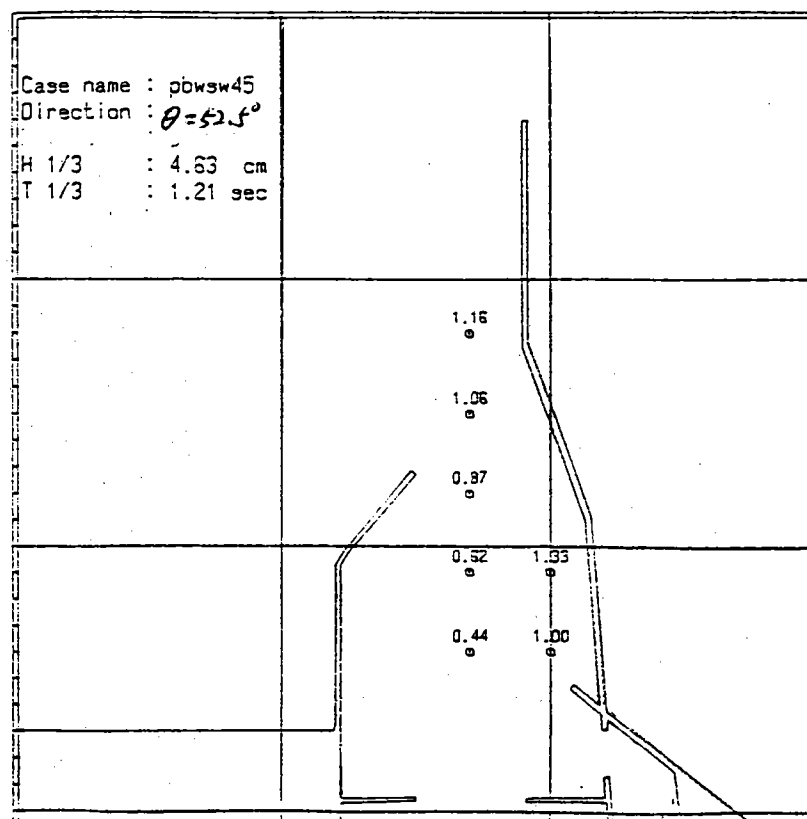


圖 A-4(e) PART A 試驗結果波高係數分佈

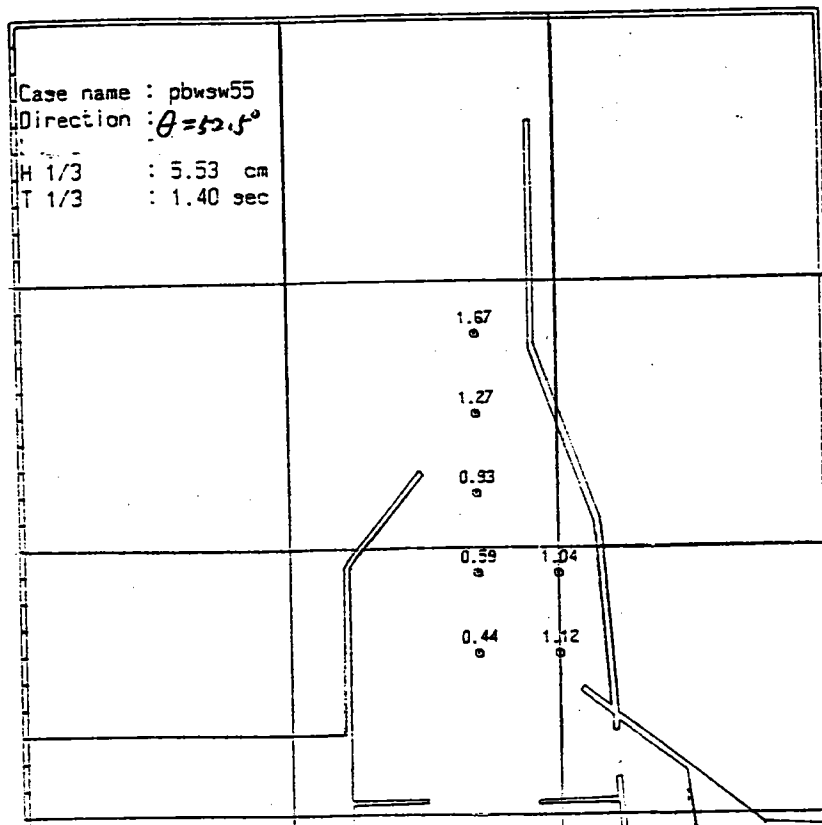


圖 A-4(f) PART A 試驗結果波高係數分佈

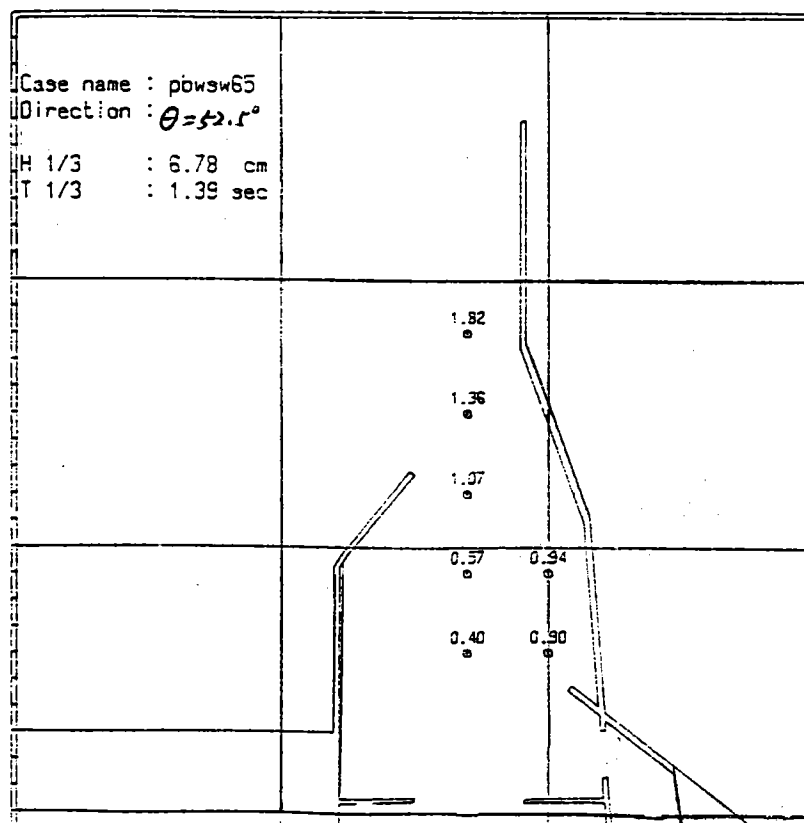


圖 A-4(g) PART A 試驗結果波高係數分佈

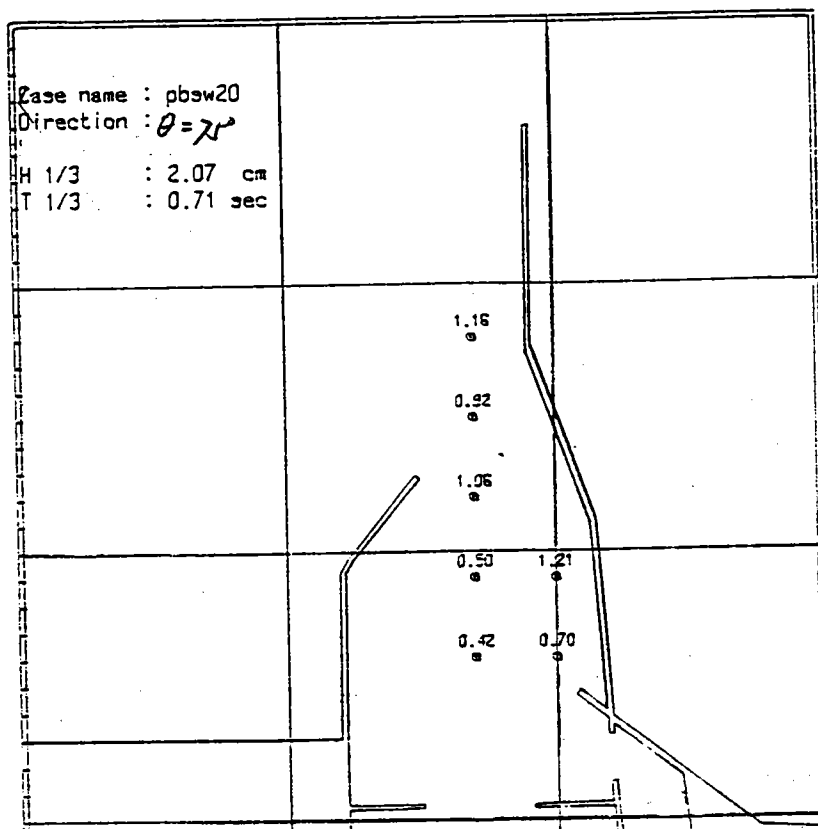


圖 A-5(a) PART A 試驗結果波高係數分佈

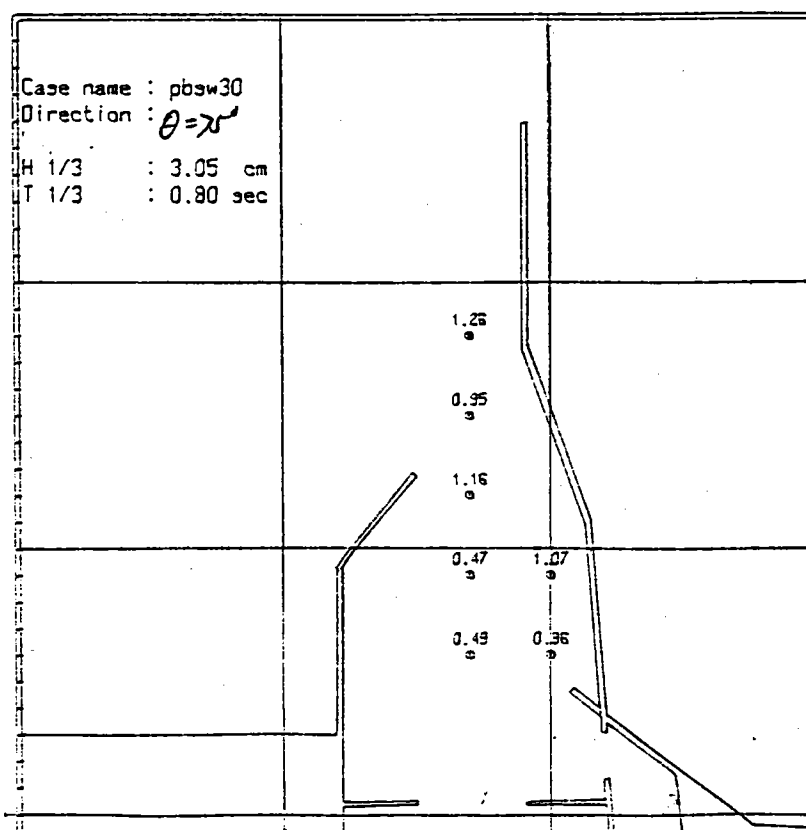


圖 A-5(b) PART A 試驗結果波高係數分佈

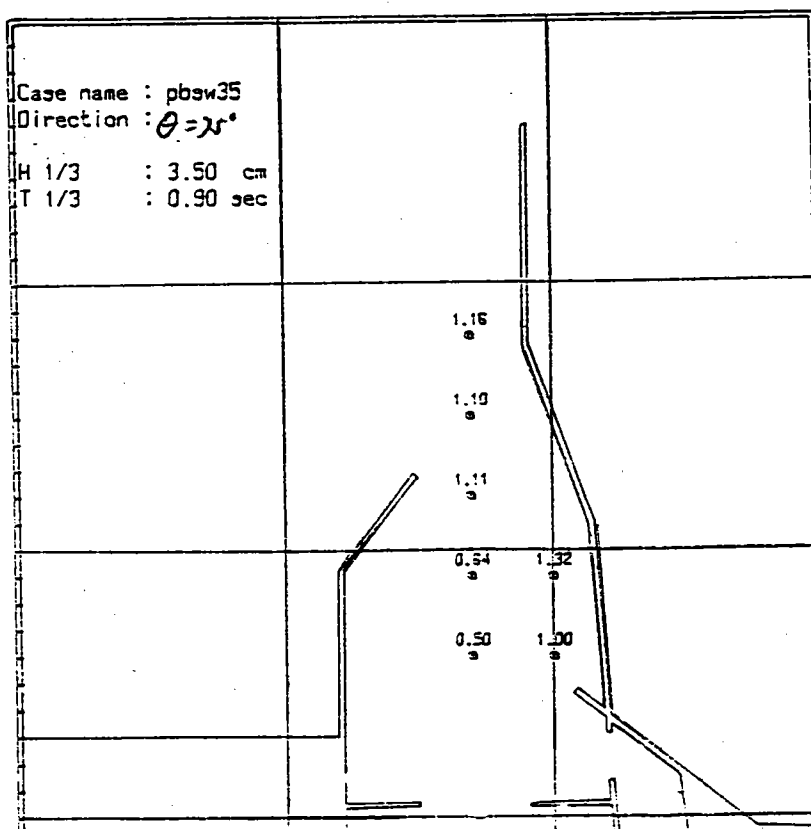


圖 A-5(c) PART A 試驗結果波高係數分佈

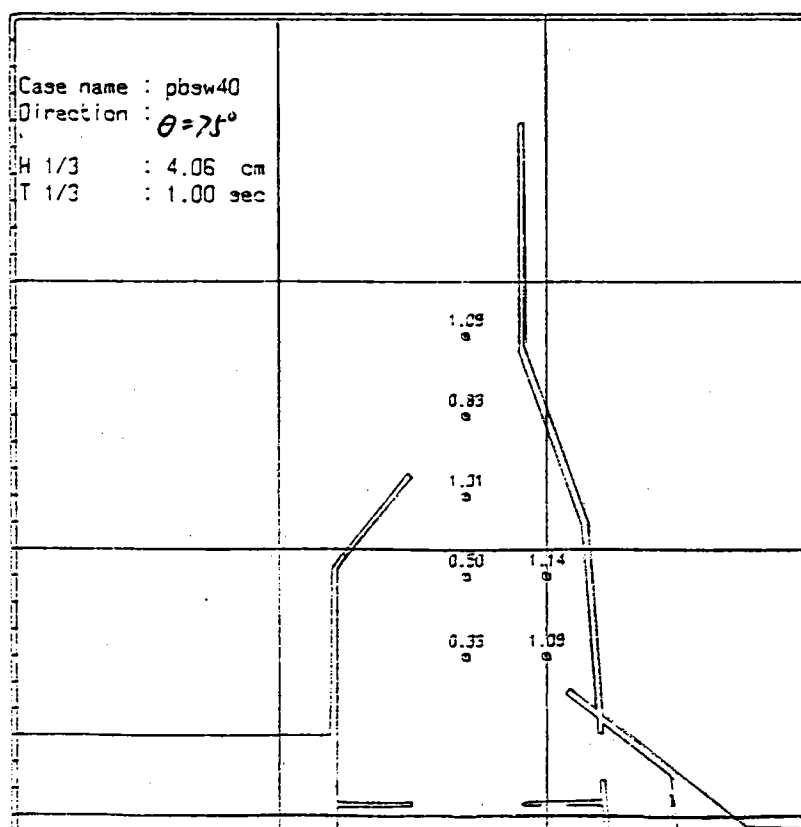


圖 A-5(d) PART A 試驗結果波高係數分佈

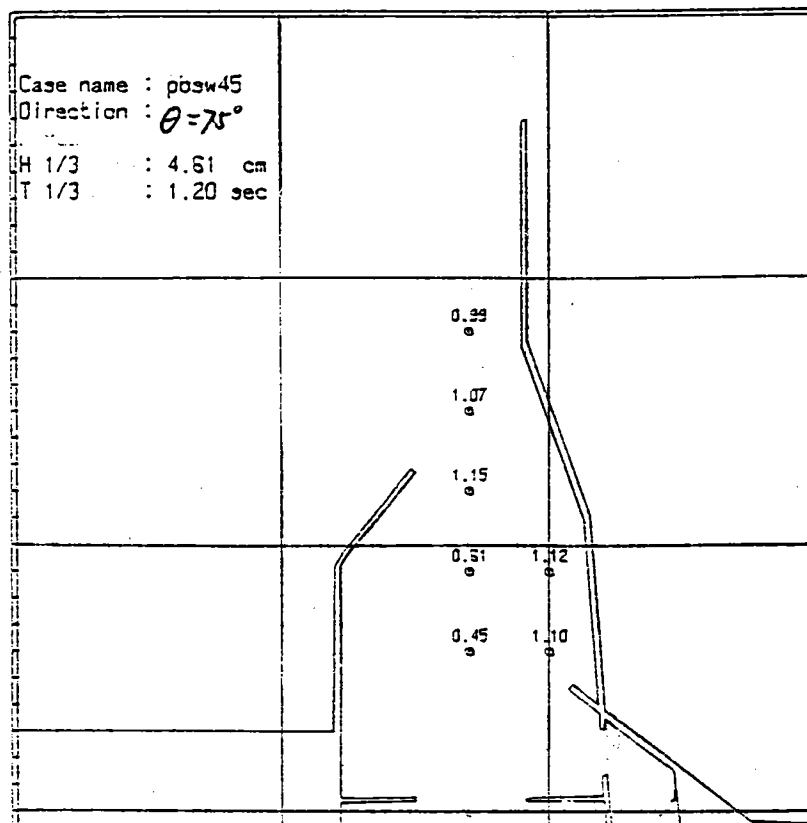


圖 A-5(e) PART A 試驗結果波高係數分佈

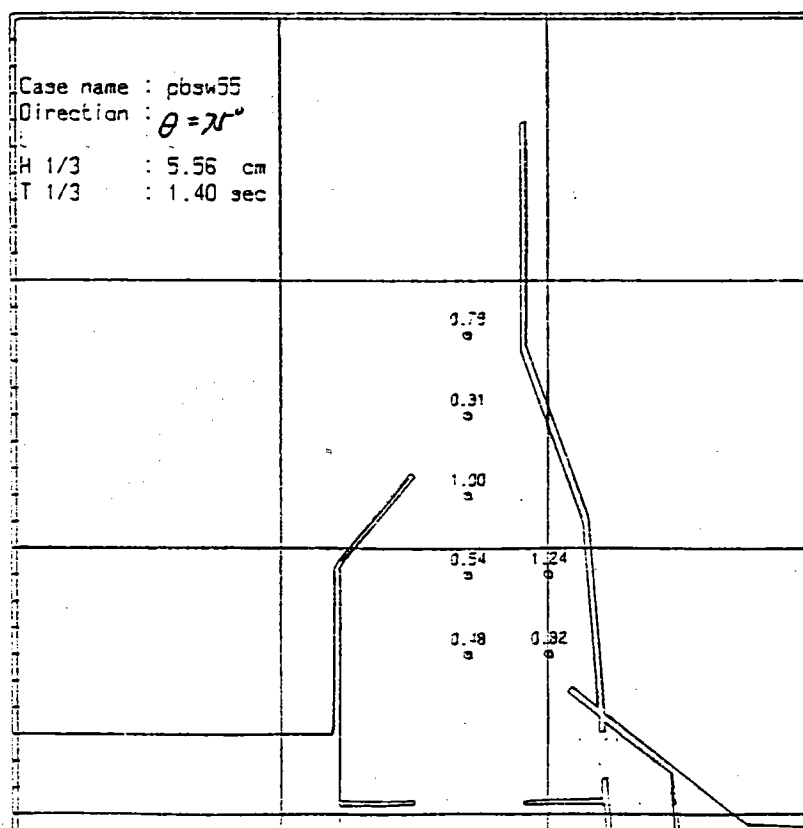


圖 A-5(f) PART A 試驗結果波高係數分佈

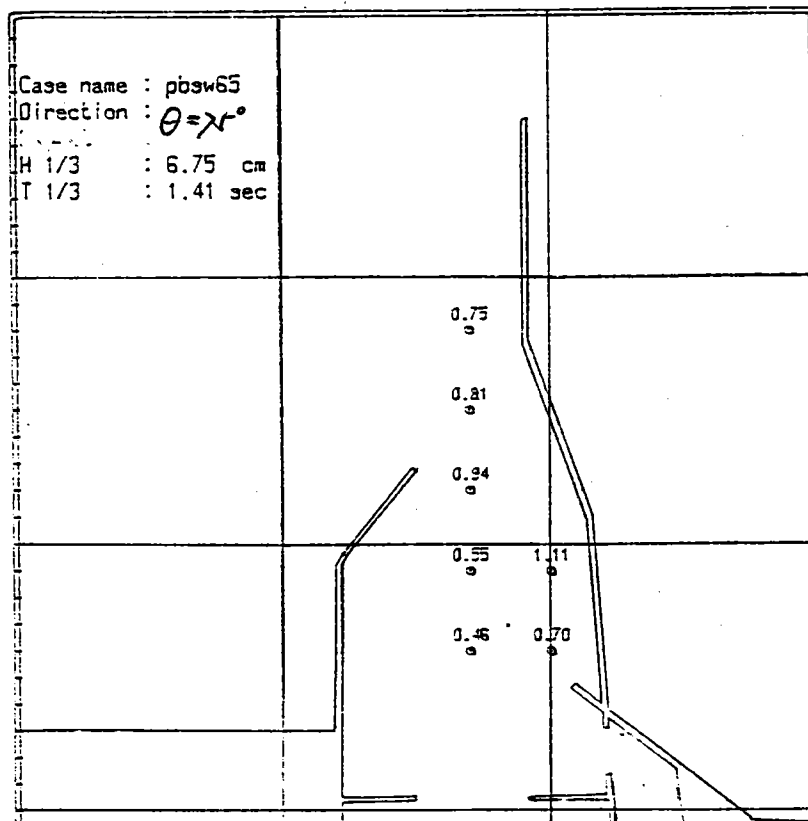


圖 A-5(g) PART A 試驗結果波高係數分佈

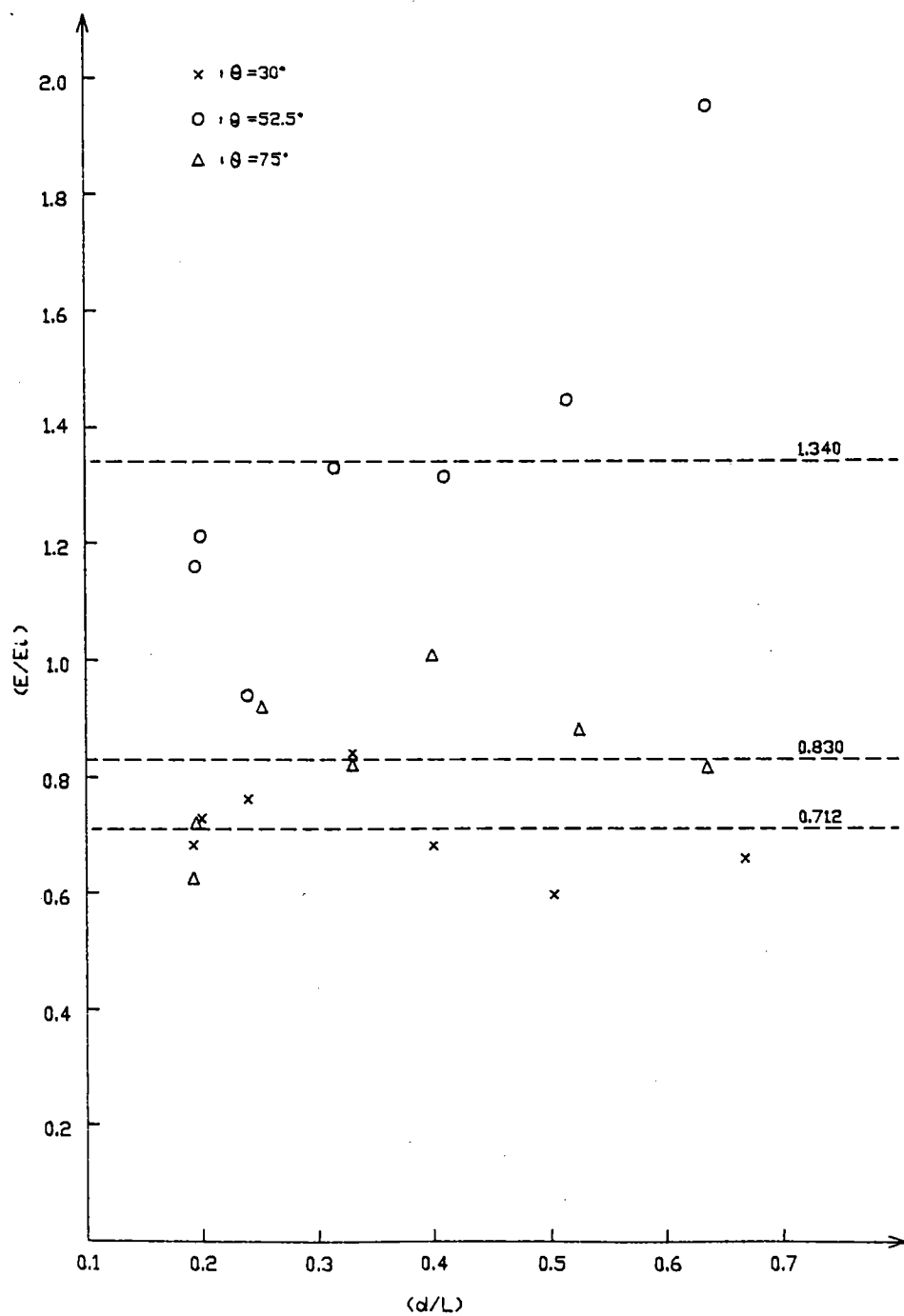


圖 A-6 PART A 無因次化相對波能比與相對水深關係圖

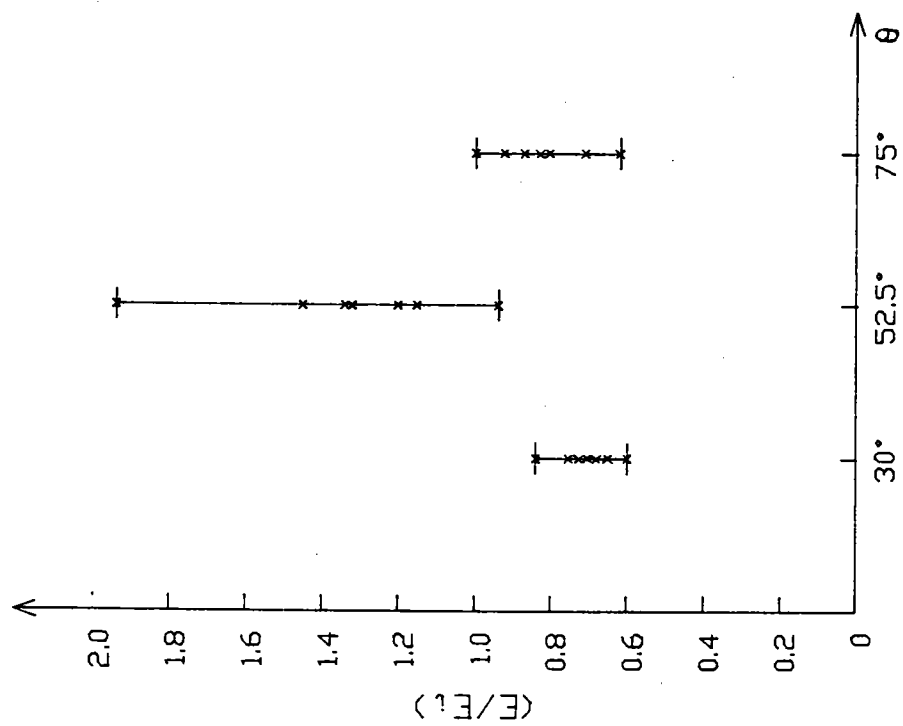


圖 A-7 PART A 無因次化相對波能比與波浪入射角度關係圖

PART B -- 海岸結構物導浪消波特性三維試驗研究

已如前述，舉凡海岸結構物之興建，因受地形及地理環境之限制，常需構築達數仟公尺長之防波堤以遮蔽水域，惟當波浪入射角度以與結構物逆鐘向 $\theta = 52.5^\circ$ 方向入侵時，PART A 試驗證明將嚴重造成結構物交角附近產生波能集中效應，故為消滅該波能集中效應，本研究乃探討各種不同開孔式防波堤消滅導浪效能，俾提供有關當局爾後規劃設計參考用，為達實用目的，PART B 試驗部份，有關海岸結構物乃採台中港北防波堤延長擴建完成後之佈置，並在延長段(850公尺範圍)採用開孔式防波堤以探討比較其消波特性，謹將試驗經過與結果敘述如后：

一. 試驗設備

同 PART A，在本所第二試驗場棚中試驗水池中進行，採不規則波進行試驗。

二. 模型製作

為瞭解各種不同開孔式防波堤導浪消波效果，特採用縮尺 1:49 大比例尺定床模型以進行三維波浪試驗研究，海底等深線及防波堤構造物均按該比例製作等縮尺模型。

三. 試驗量測

為瞭解北防波堤延伸段消滅導浪之特性，將波高計佈置於延伸段南側、港口、航道及南北防波堤內側，以量測根據 PART A 試驗將產生最嚴重波能集中效應方向波浪入侵時之波高變化，波高計分佈如圖 B-1 所示，於造波機前方平行造波板方向放置兩支波高計，所測得波浪平均值代表入射波其餘同 PART A 試驗量測部份。

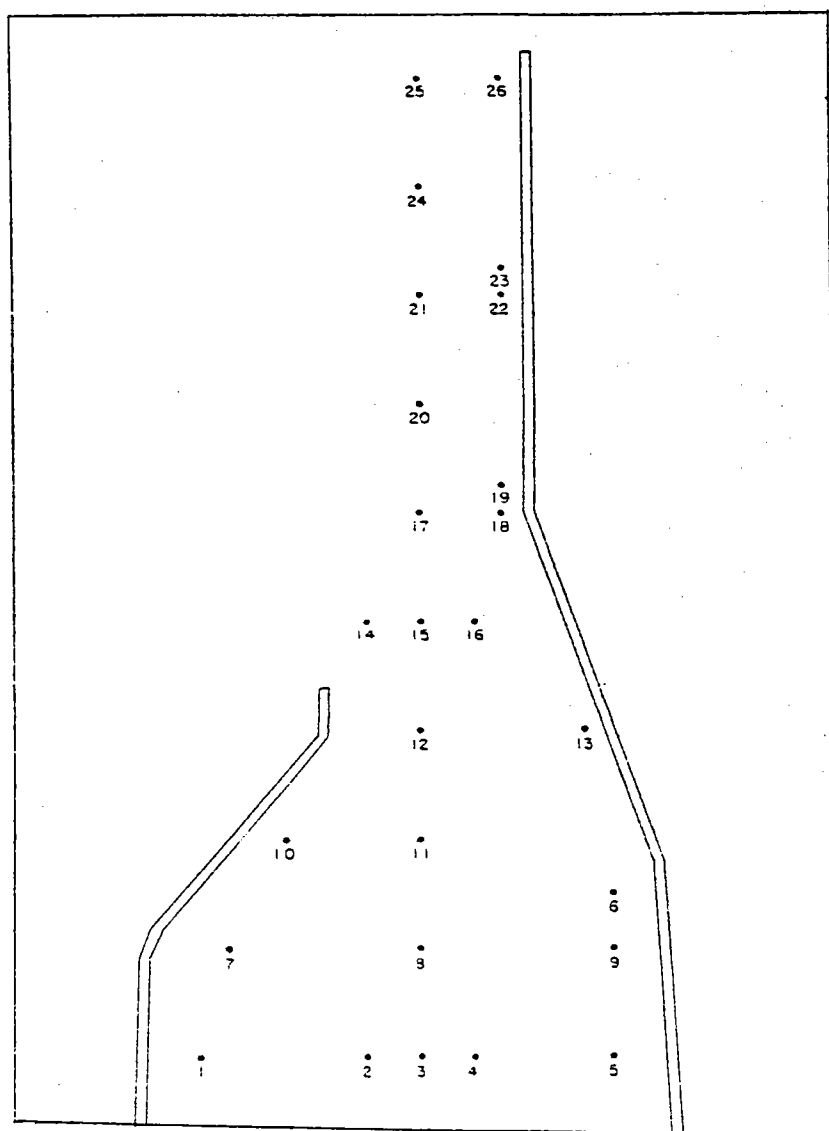


圖 B-1 波高計分佈圖

四. 洞孔式消波結構物斷面

本試驗採用四種不同消波斷面以進行試驗，茲說明如下：

佈置 A：北防波堤延長段 850 公尺斷面採用直立壁沈箱堤如圖 B-2

佈置 B：北防波堤延長段 850 公尺斷面採用開孔式沈箱堤內置消波塊，如圖 B-3。

佈置 C：北防波堤延長段 850 公尺斷面採用開孔式沈箱堤內加斜坡，如圖 B-4。

佈置 D：北防波堤延長段 850 公尺斷面採用直立壁沈箱內側加消波塊，如圖 B-5。

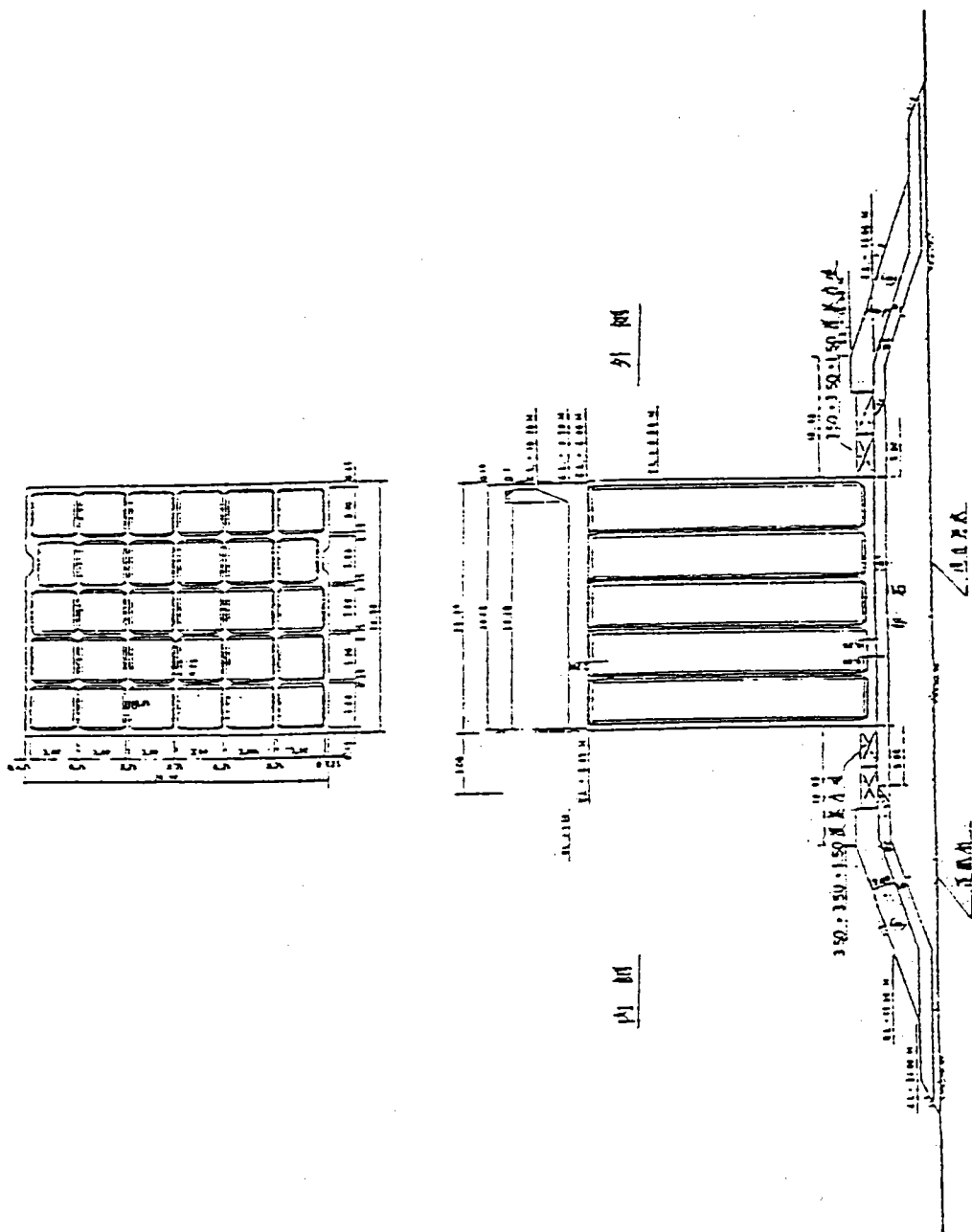


圖 B-2 佈置 A 直立壁沈箱堤

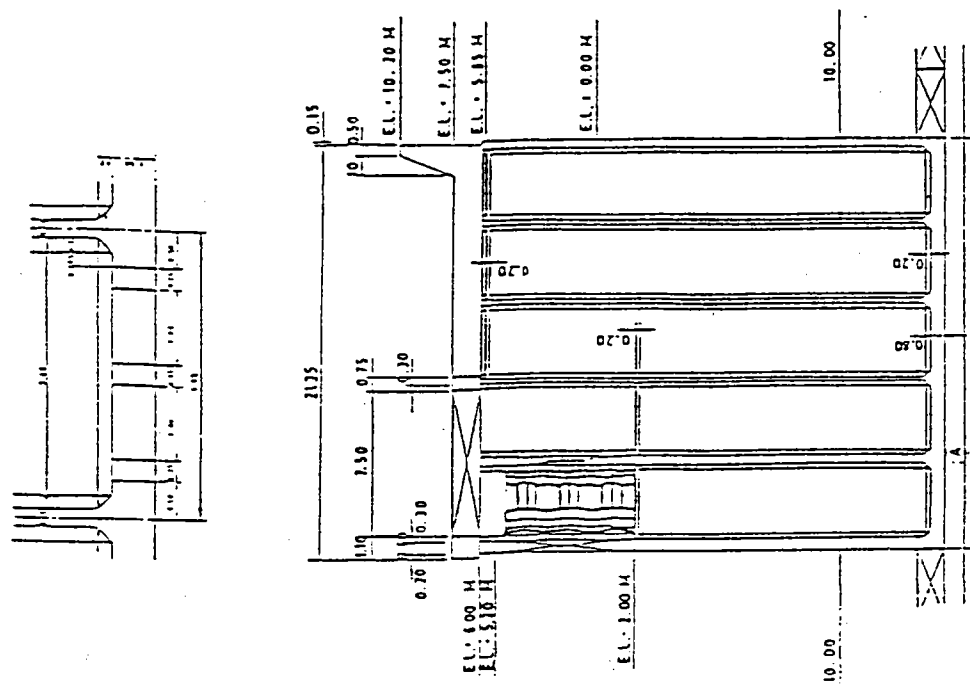
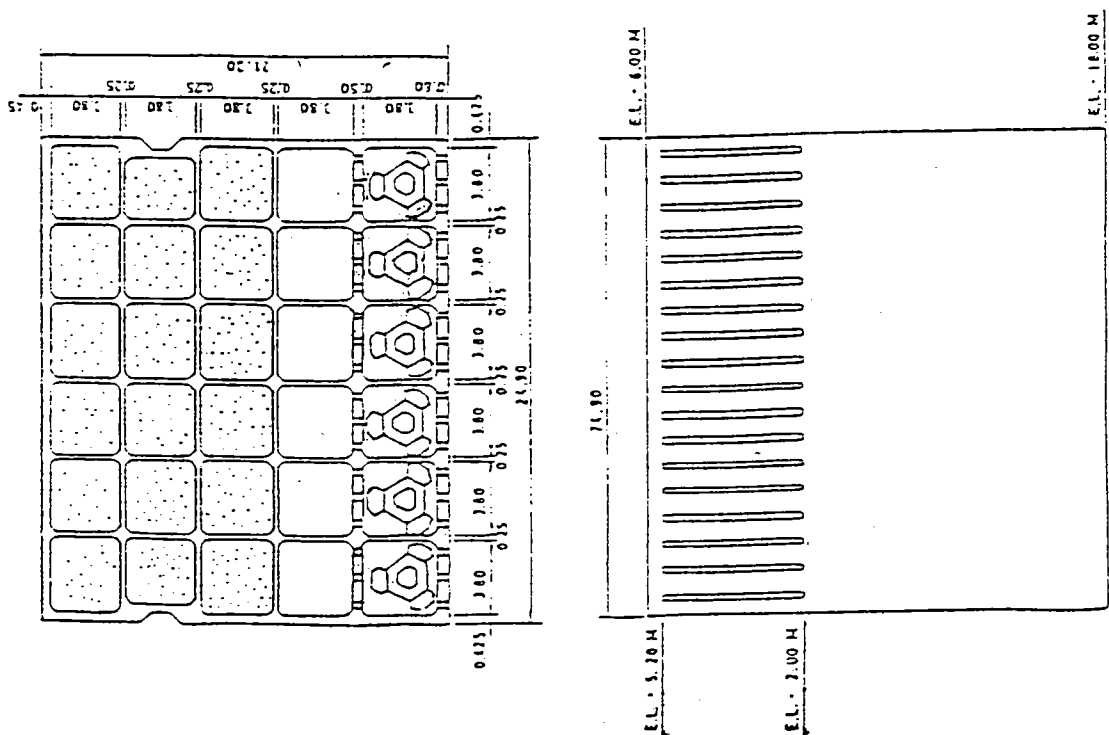


圖 B-3 佈置 B 開孔式沈箱堤內置消波塊

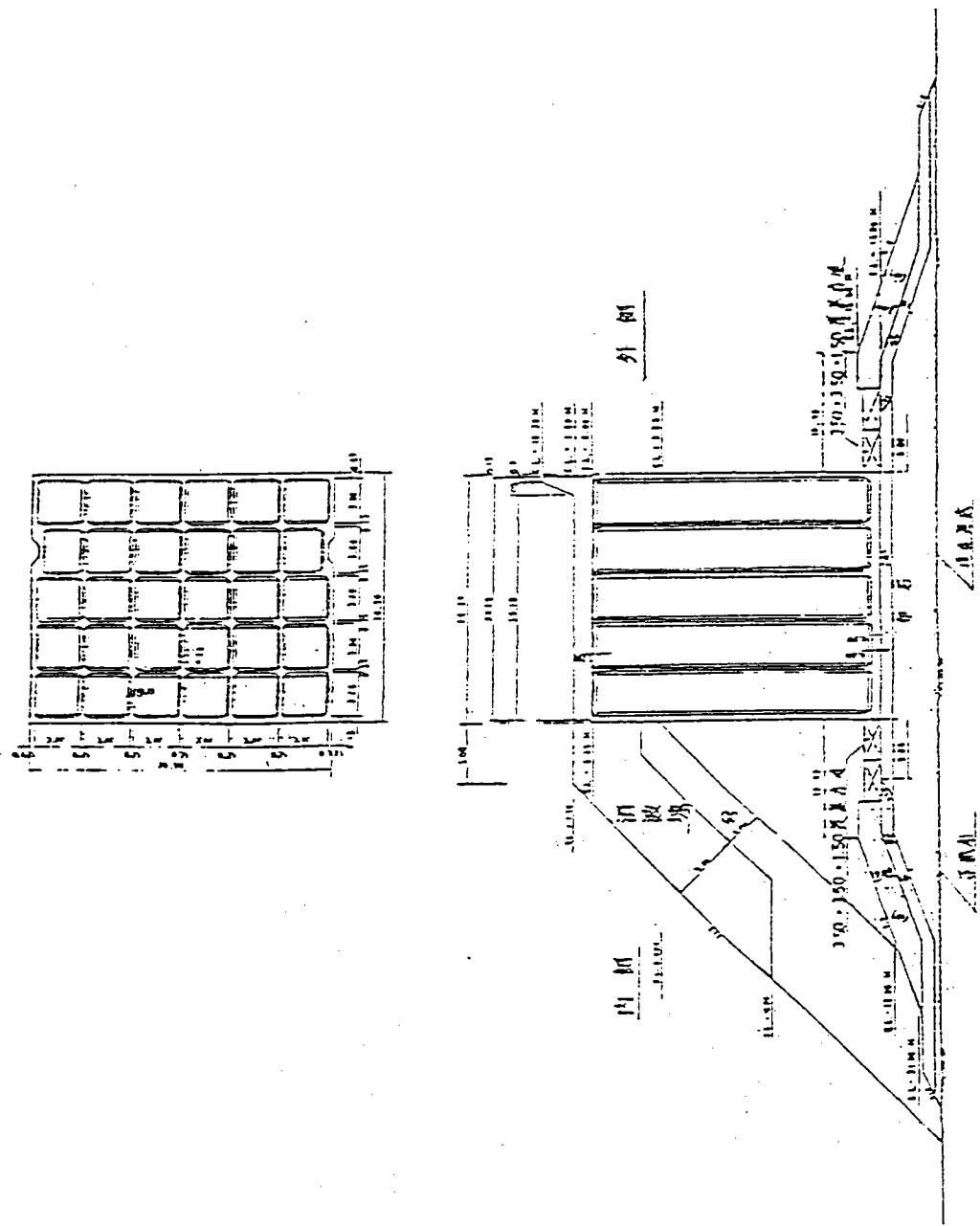


圖 B-5 佈置 D 直立壁沈箱堤內側加消波塊

五.試驗條件

<一>試驗水深採用 $d=70\text{cm}$ 當作零水位線

<二>試驗波向：針對 PART A 將產生最嚴重波能效應之入射角度

<三>波高與週期：試驗所採用波高與週期組合如表 B-1。

表 B-1 PART B 試驗波浪條件

現 場	波 高 (m)	2	3	4	5	6	7
	週 期 (sec)	6	7	8	9	12	13
模 型	波 高 (cm)	4.08	6.12	8.16	10.20	12.24	14.29
	週 期 (sec)	0.86	1.00	1.14	1.29	1.71	1.86

按照模型上時間縮尺比例調整紙帶讀數，可使造波機製造試驗所需各種能峰週期、藉調整信號產生器之振幅，可模擬試驗所需波高。

六.資料分析與試驗結果

為瞭解四種不同防波堤斷面對導浪消波特性，吾人選擇圖 B-1 波高計分佈圖中，位置 NO.5、NO.6、NO.9、NO.13、以及 NO.15~NO.

26 共 16 點等波高資料用以計算海岸結構物附近無因次化相對波能比，藉以比較四種不同斷面對防波堤導浪之消波效果，對相同波浪入射方向，不同波浪條件作用下所得之無因次相對波能比 (E/E_i)，比值愈小者，意謂該種斷面消波性能愈佳，各種不同波浪條件作用下之試驗結果如表 B-2 所示，由分析資料顯示，四種不同斷面對導浪之消波效果以佈置 D 最佳，即北防波堤延段 850m 採用直立壁沈箱外側加消波塊斷面效果最佳，其次為佈置 B 即採用開孔式沈箱堤內置消波塊效果次之，惟兩者消波效果相差無幾，若考慮經濟性則建議採用佈置 B，再其次則分別為佈置 C 與佈置 A，以佈置 A 北防波堤延長 850m 公尺採用直立壁沈箱堤效果最差。

圖 B-6 則為四種不同斷面防波堤，其消波性能指標，即無因次化相對波能比 (E/E_i) 與相對水深 d/L 比值關係圖形，圖形顯示相對水深比值較大，即週期相對較小者，四種消波效果差異性更形顯著，惟對長週期波浪，即週期長於 12 秒者，佈置 B、C 以及 D 等三種斷面，其消波效果並無顯著差異。

表 B-2 Part B 試驗資料分析表

佈置	H _{1/3} (cm)	T _{1/3} (sec)	L ₀ (cm)	d/L ₀	d/L	H/H ₀ '	H ₀ '	H ₀ '/L ₀	(E/E _i)	(E/E _i) _{ave}
A	4.38	0.89	123.6	0.566	0.567	0.9951	4.40	0.036	1.05	0.94
	6.35	0.99	152.9	0.458	0.461	0.9858	6.44	0.042	1.04	
	8.20	1.12	195.7	0.358	0.365	0.9662	8.49	0.043	1.08	
	10.77	1.26	247.7	0.283	0.297	0.9433	11.42	0.046	0.79	
	12.08	1.76	483.2	0.145	0.179	0.9139	13.20	0.027	0.83	
	14.24	1.86	539.7	0.130	0.167	0.9169	15.50	0.029	0.84	
B	4.06	0.91	129.2	0.542	0.543	0.9938	4.09	0.032	0.80	0.81
	6.03	1.00	156.0	0.449	0.452	0.9846	6.12	0.039	0.84	
	8.24	1.08	181.9	0.385	0.391	0.9728	8.47	0.046	0.88	
	10.41	1.26	247.7	0.283	0.297	0.9433	11.04	0.044	0.82	
	11.79	1.78	494.3	0.142	0.177	0.9142	12.89	0.026	0.74	
	14.05	1.88	551.2	0.127	0.164	0.9178	15.31	0.028	0.78	
C	3.94	0.90	126.4	0.554	0.555	0.9944	3.96	0.031	0.92	0.85
	6.12	0.99	152.9	0.458	0.461	0.9859	6.21	0.041	0.93	
	8.18	1.08	181.9	0.385	0.391	0.9728	8.41	0.046	0.91	
	10.69	1.24	239.9	0.292	0.305	0.9463	11.30	0.047	0.87	
	12.29	1.64	419.6	0.167	0.198	0.9132	13.46	0.032	0.73	
	14.56	1.84	528.2	0.133	0.169	0.9161	15.89	0.030	0.76	
D	4.03	0.90	126.4	0.554	0.555	0.9944	4.05	0.032	0.88	0.807
	6.13	1.00	156.0	0.449	0.452	0.9846	6.23	0.040	0.84	
	8.15	1.14	202.7	0.345	0.353	0.9626	8.47	0.042	0.85	
	10.13	1.29	259.6	0.270	0.285	0.9390	10.76	0.042	0.82	
	12.16	1.73	466.9	0.150	0.183	0.9133	13.31	0.029	0.73	
	14.20	1.95	593.2	0.118	0.156	0.9214	15.41	0.026	0.72	

表 B-3 PART B 臨界波向試驗結果各區水域平均波高係數

波高 (m)	週 期 (sec)	佈置	南堤北側	航 道	北堤南側	港 口	延伸堤 南 側
2	6	A	0.21	0.25	0.66	0.96	1.14
		B	0.16	0.18	0.58	0.80	1.03
		C	0.18	0.26	0.82	0.84	0.99
		D	0.13	0.23	0.90	0.85	0.99
3	7	A	0.26	0.29	0.55	0.90	1.19
		B	0.19	0.23	0.58	0.81	1.06
		C	0.24	0.28	0.72	0.87	1.08
		D	0.17	0.29	0.87	0.86	0.97
4	8	A	0.33	0.34	0.56	1.01	1.18
		B	0.28	0.33	0.67	0.86	1.04
		C	0.29	0.33	0.69	0.92	1.06
		D	0.22	0.32	0.75	0.92	0.97
5	9	A	0.32	0.42	0.52	0.94	1.04
		B	0.28	0.40	0.56	0.91	0.99
		C	0.30	0.41	0.64	0.93	1.01
		D	0.29	0.43	0.70	0.95	0.96
6	12	A	0.34	0.47	0.55	0.97	0.95
		B	0.31	0.45	0.55	0.91	0.90
		C	0.32	0.41	0.66	0.89	0.88
		D	0.29	0.42	0.65	0.97	0.89
7	13	A	0.31	0.49	0.51	0.92	1.02
		B	0.28	0.51	0.50	0.90	0.97
		C	0.29	0.46	0.60	0.97	0.94
		D	0.27	0.41	0.58	0.93	0.88

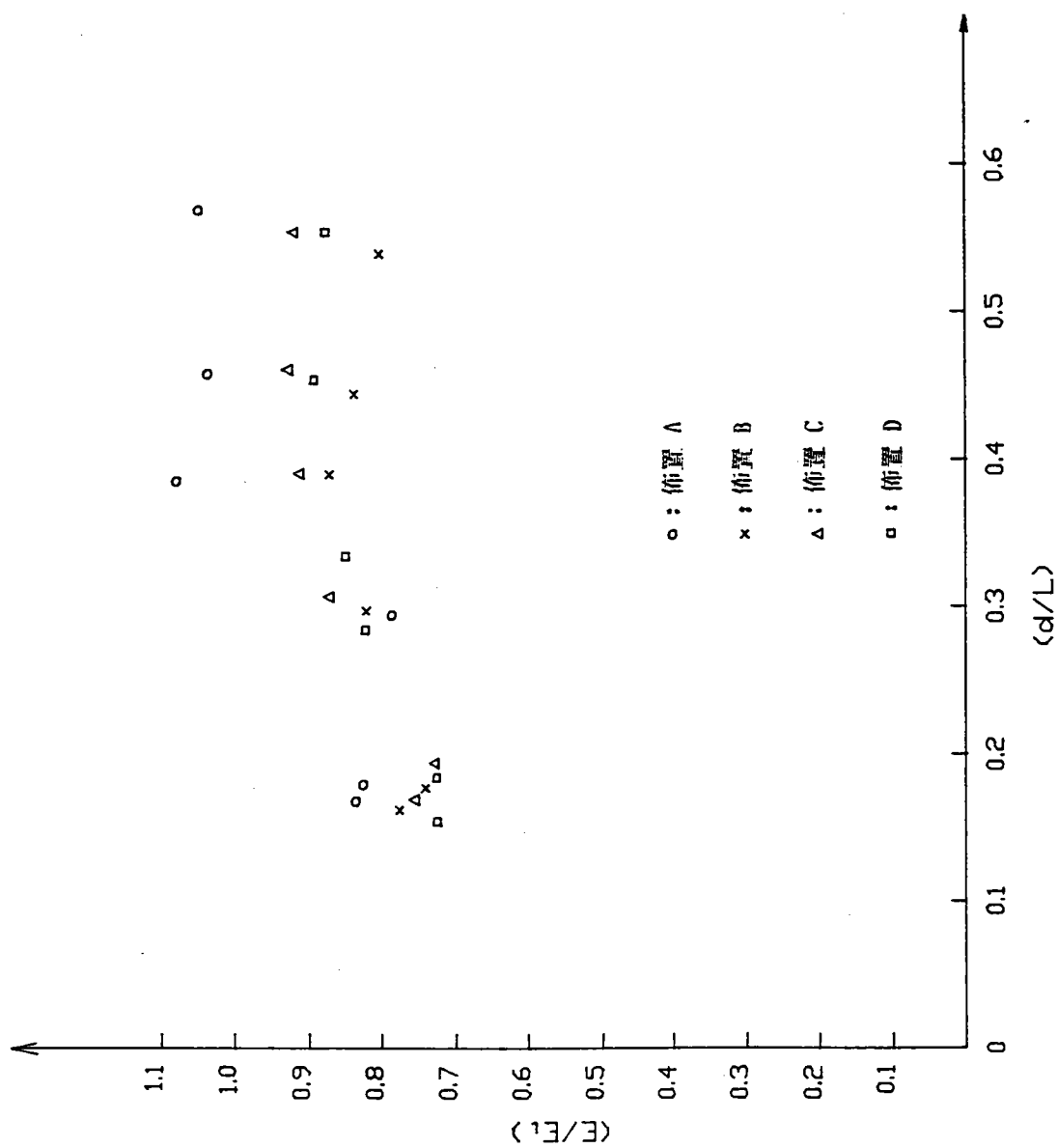


圖 B-6 PART B 無因次化相對波能比 (E/E_1) 與相對水深關係圖

圖 B-7 ～ 圖 B-10 分別為四種佈置方案，每方案六種試驗 (a) ～ (f) 之結果，若將測區分為五個區域，如圖 B-11，分別為 A 區表台中港南防波堤北側 (WG NO.1、7、10)，B 區表航道 (WG NO.2、3、8、11)，C 區表原北防波堤南側 (WG NO.5、6、9、13)，D 區表港口附近 (WG NO.12 ～ NO.19) 以及 E 區表延長段南側 (WG NO.20 ～ NO.26)，就該臨界方向 (即海岸結構物波能集中最顯著之入射波浪方向) 波浪作用下，各種波高係數平均值如表 B-3 繪如圖 B-12，就整體消波效果言，仍以佈置 D 最佳，依序為佈置 B、C 及 A。波高加大，週期增長，各種佈置方案波高係數漸趨一致。

故就整體消波效果言，以佈置 D 在延長段拋放消波塊為最佳，佈置 B 及佈置 C 採用開孔胸牆防波堤次之，佈置 A 直立堤消波效果最差。惟佈置 D 拋放消波塊需增加大量工程費，且對台中港而言將影響航道安全，除非另有其他考量則不採用，建議採用佈置 B；至於花蓮港舊東堤因已興建完成，故建議可沿舊東堤西側拋放消波塊，俾減小其波能集中效應以維結構物交角處堤基之安全，至於未來花港局舊東堤延伸擴建工程則可考慮佈置 B 之斷面採洞孔式胸牆內加消波塊。而六種波浪組合試驗結果顯示，波浪週期增加，不同之佈置方案即不同之消波設施斷面，其波高係數漸趨一致，換言之，消波設施對短週期波浪較有效，長週期波浪因不易減衰，消波效能較不理想。

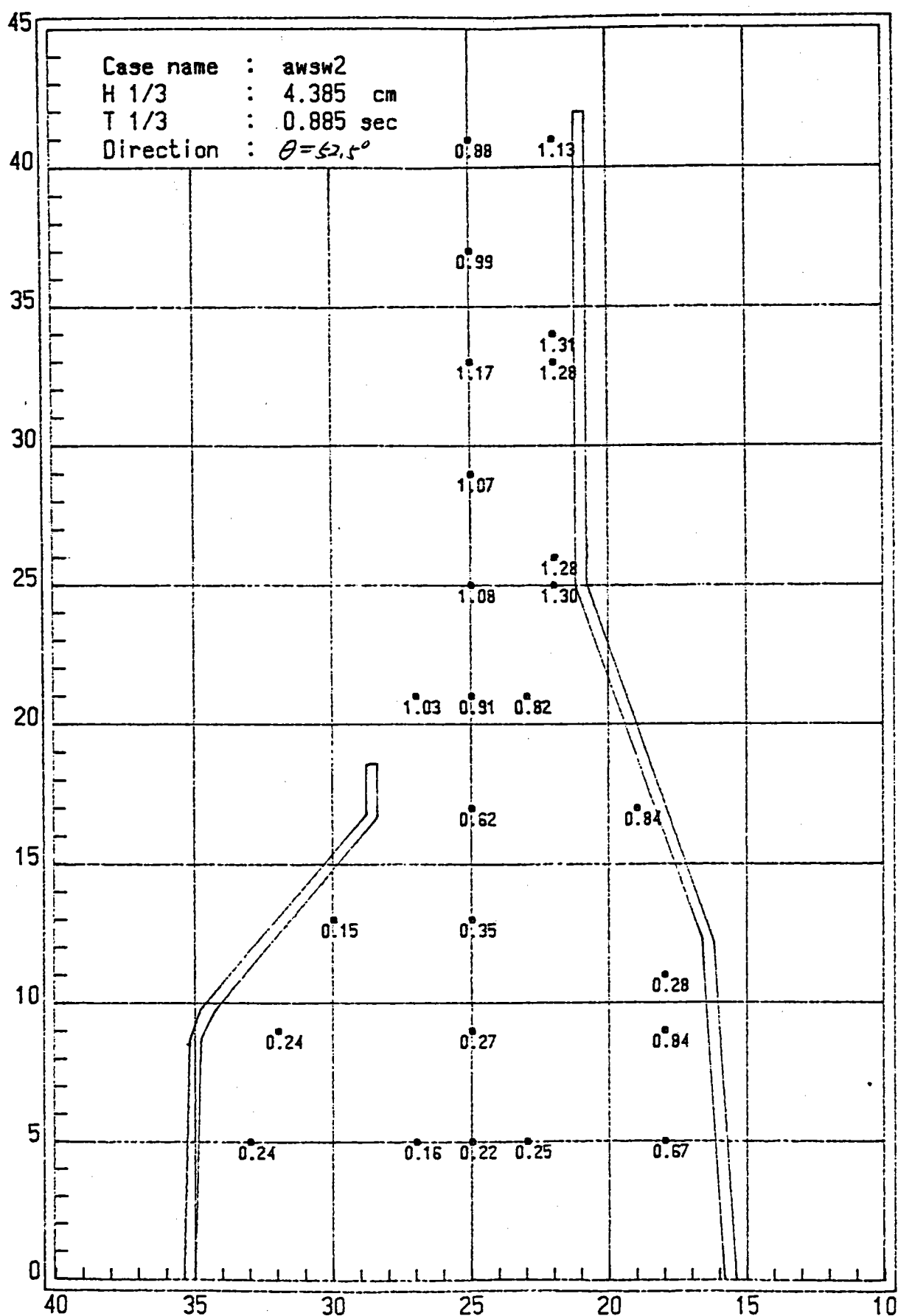


圖 B-7(a) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置A)

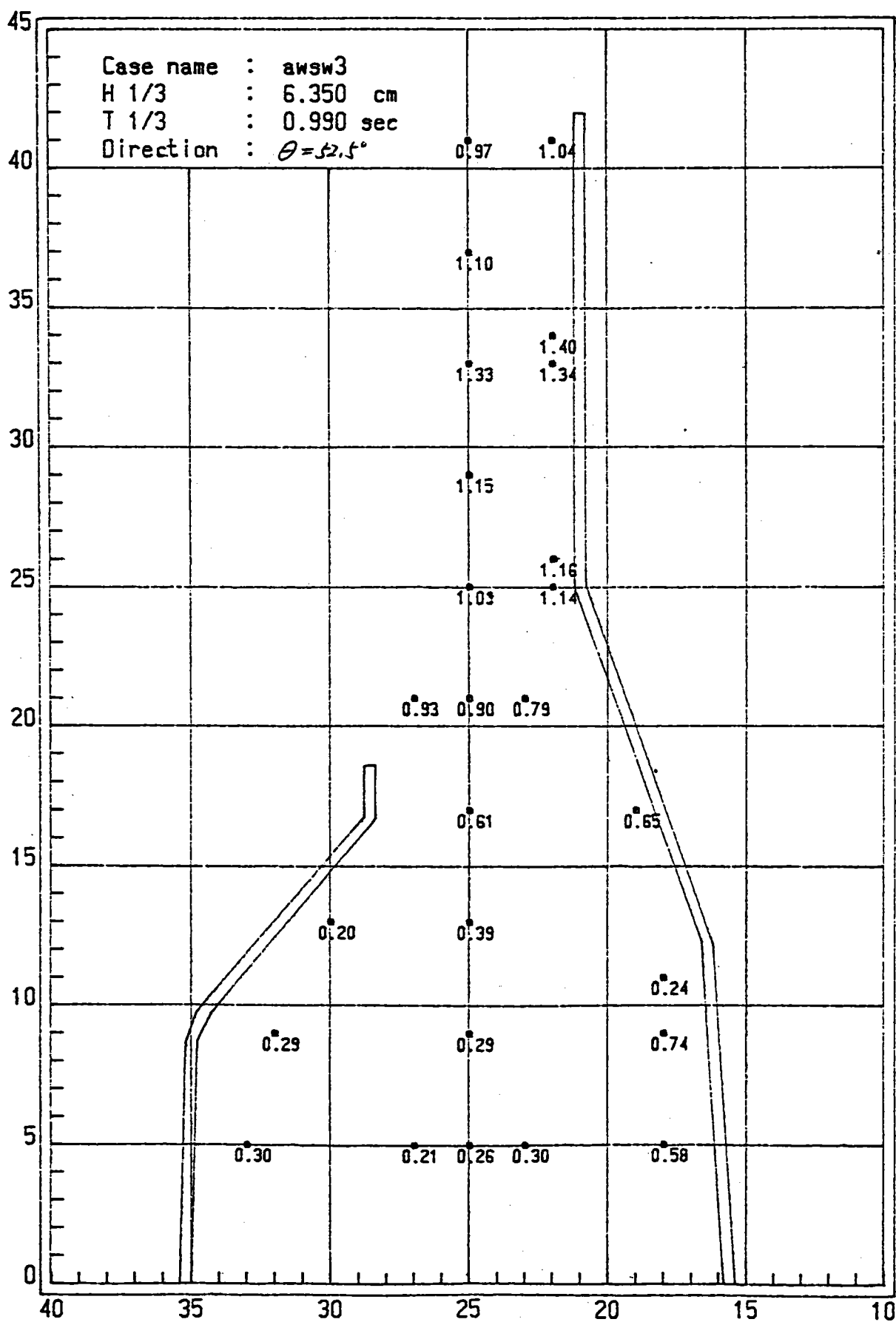


圖 B-7(b) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置A)

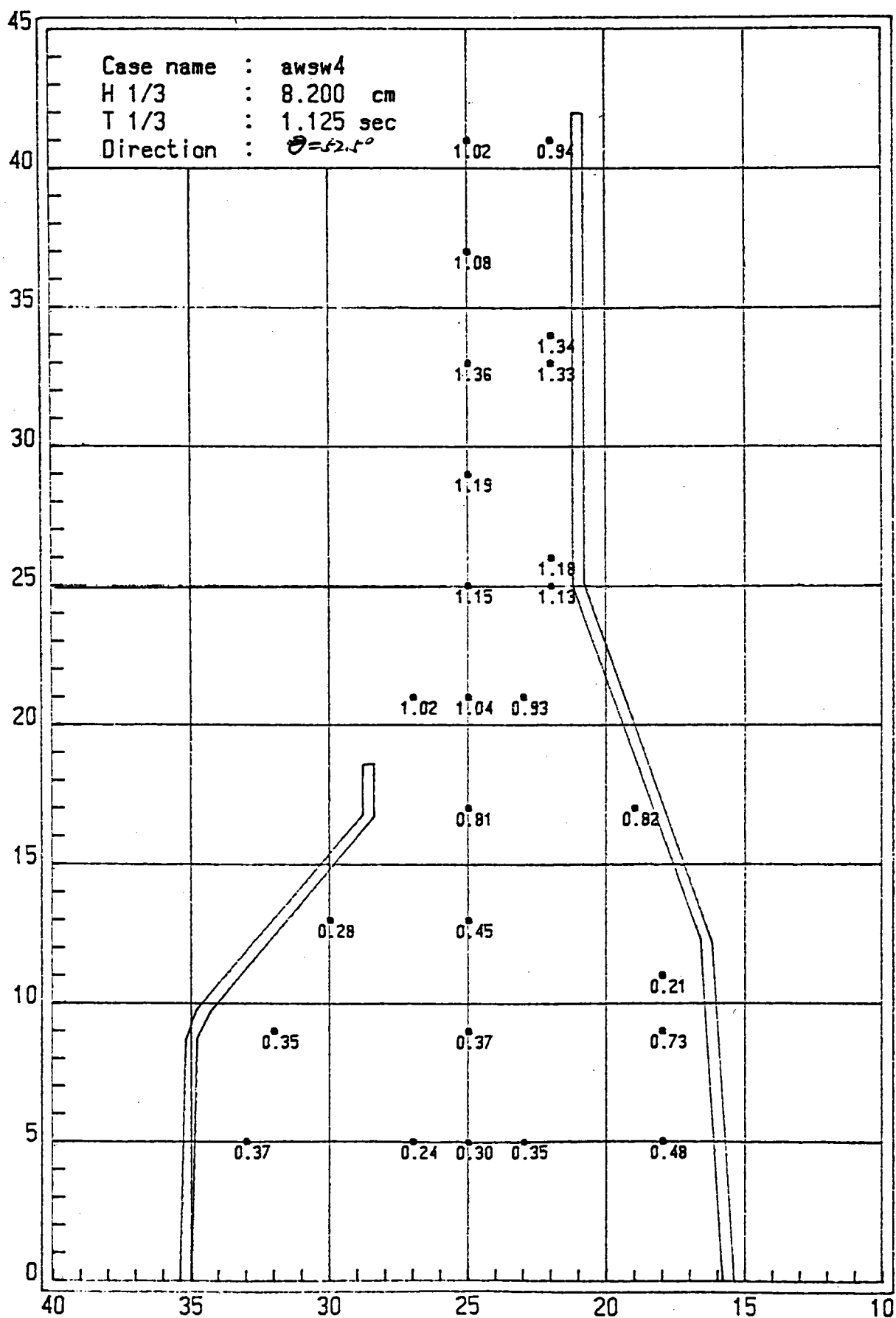


圖 B-7(c) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置A)

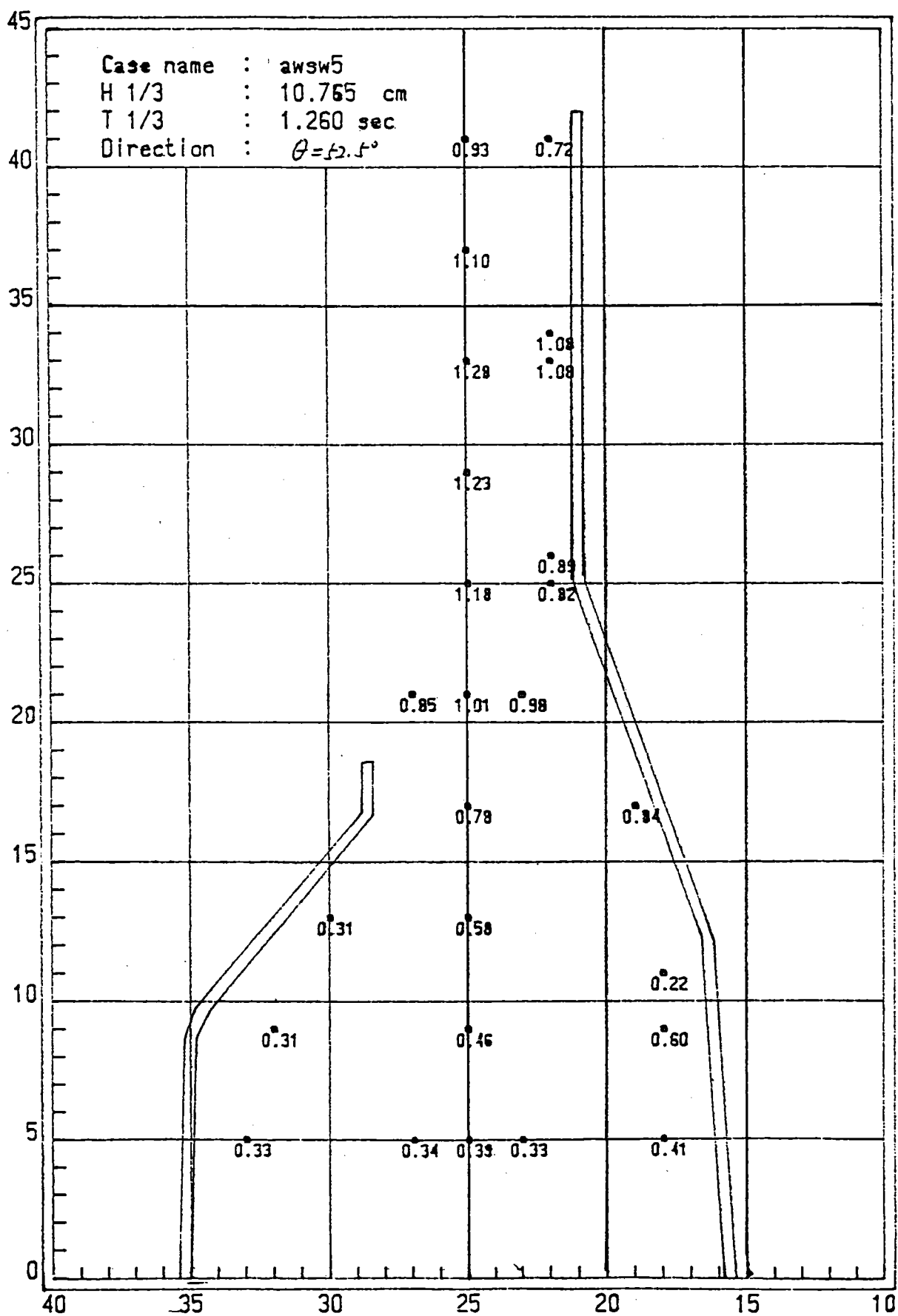


圖 B-7(d) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置A)

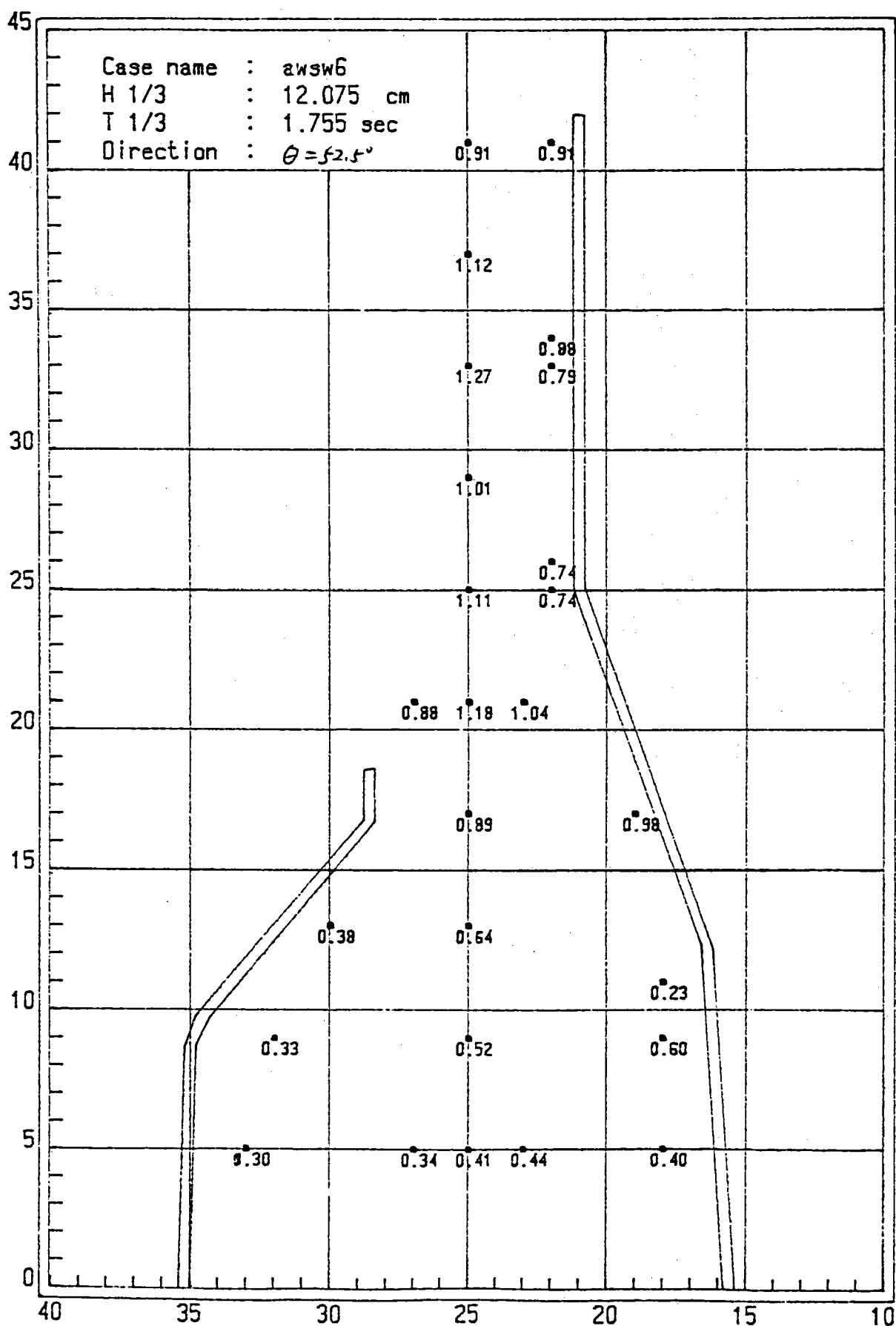


圖 B-7(e) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置A)

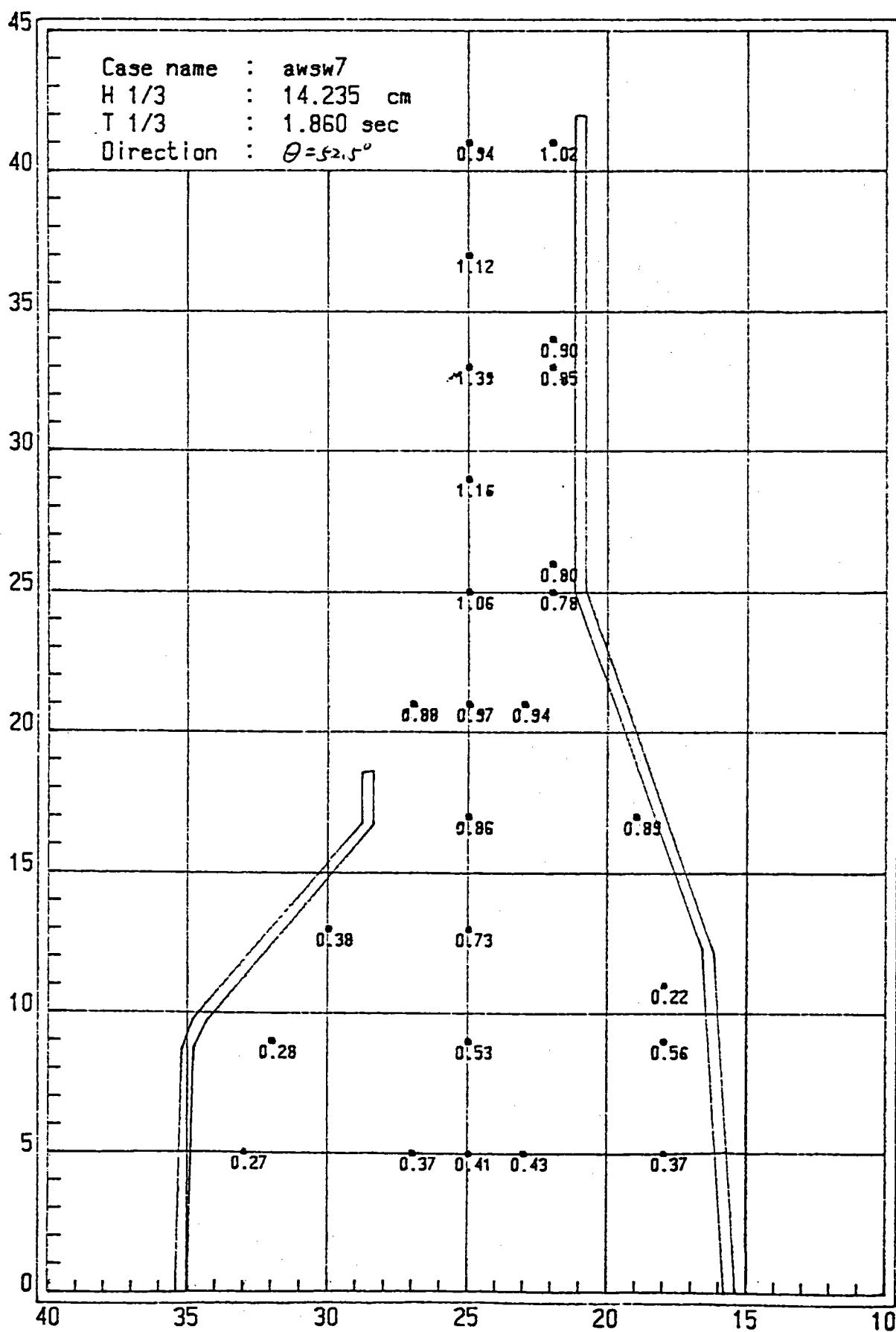


圖 B-7(f) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置A)

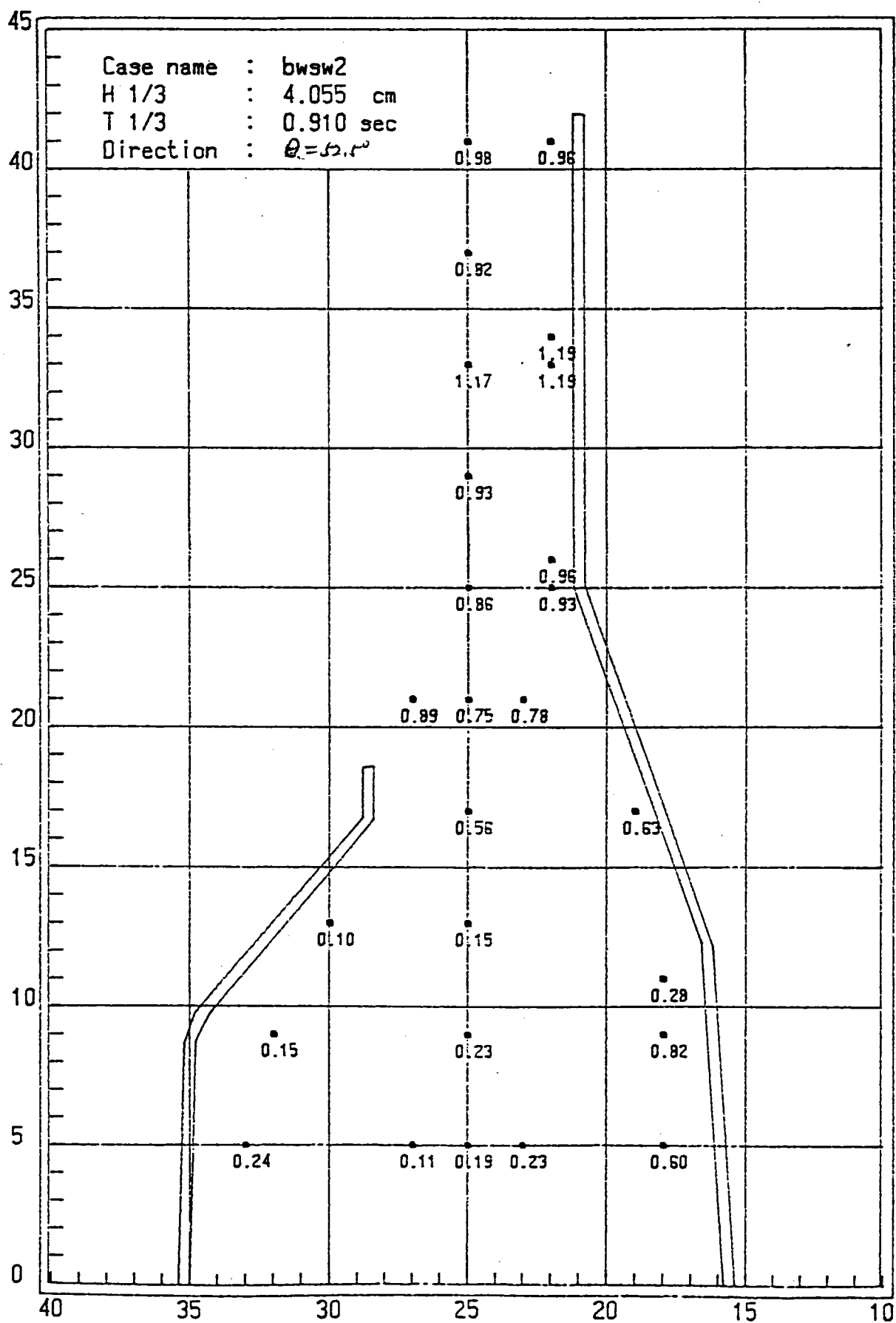


圖 B-8(a) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置B)

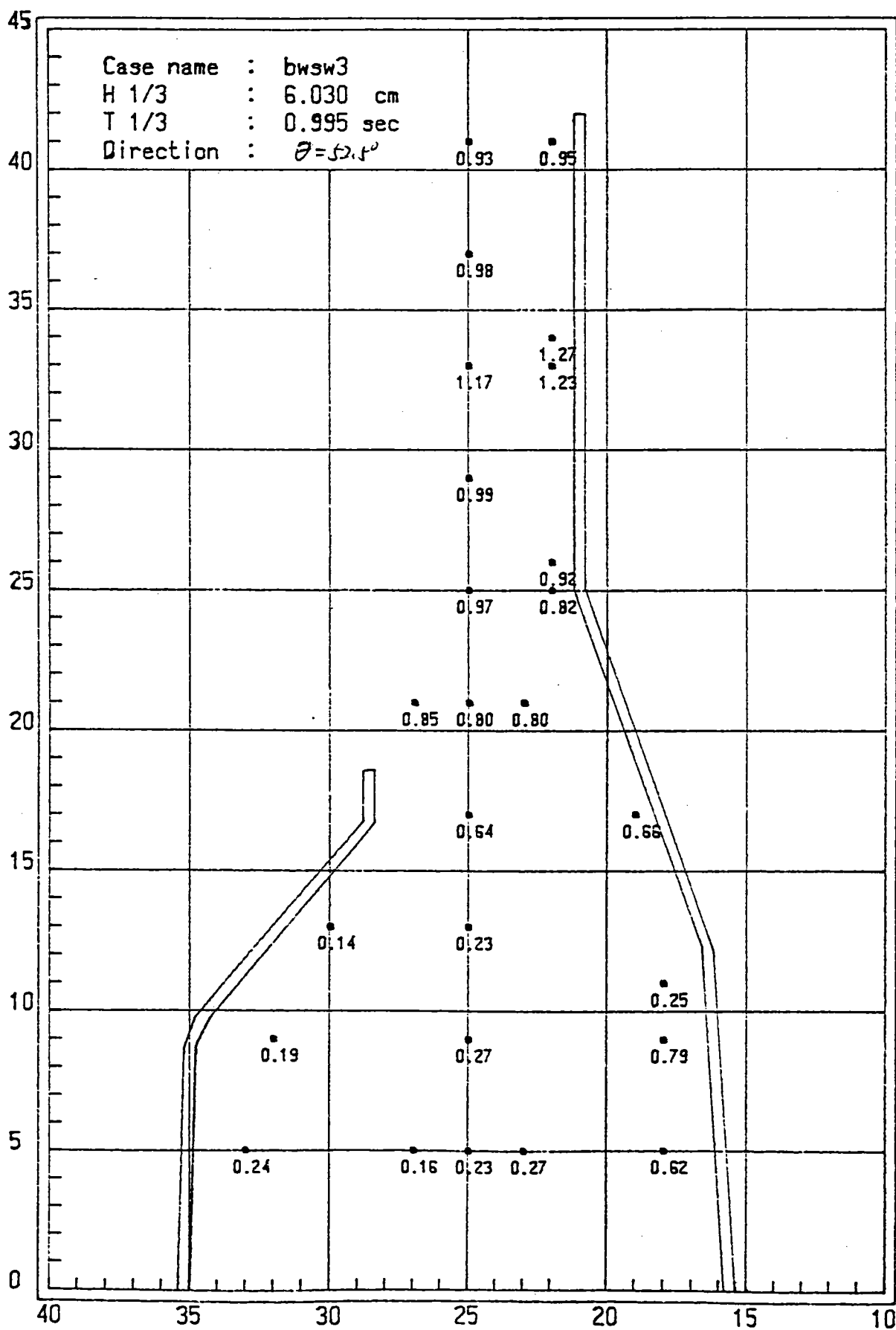


圖 B-8(b) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置B)

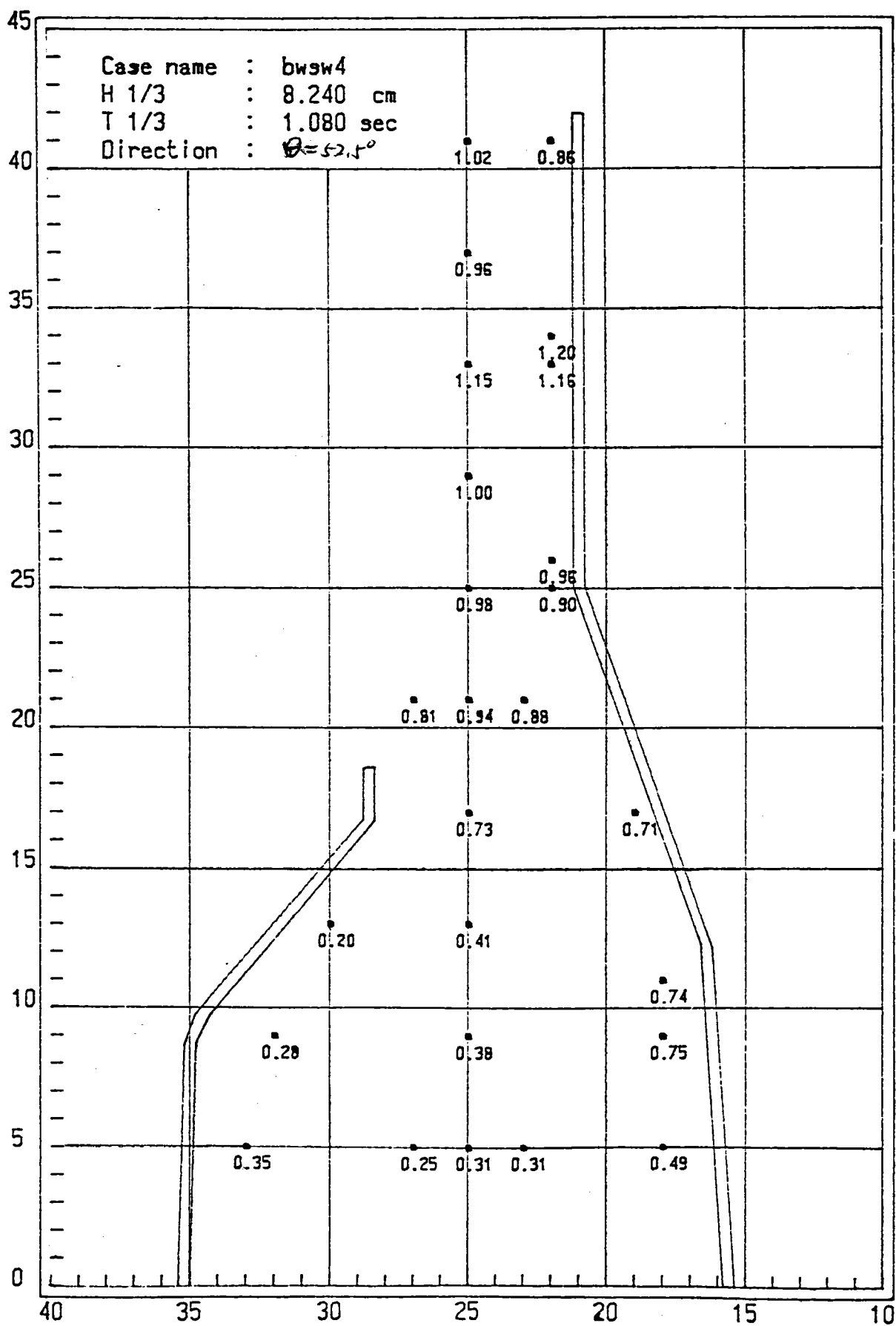


圖 B-8(c) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置B)

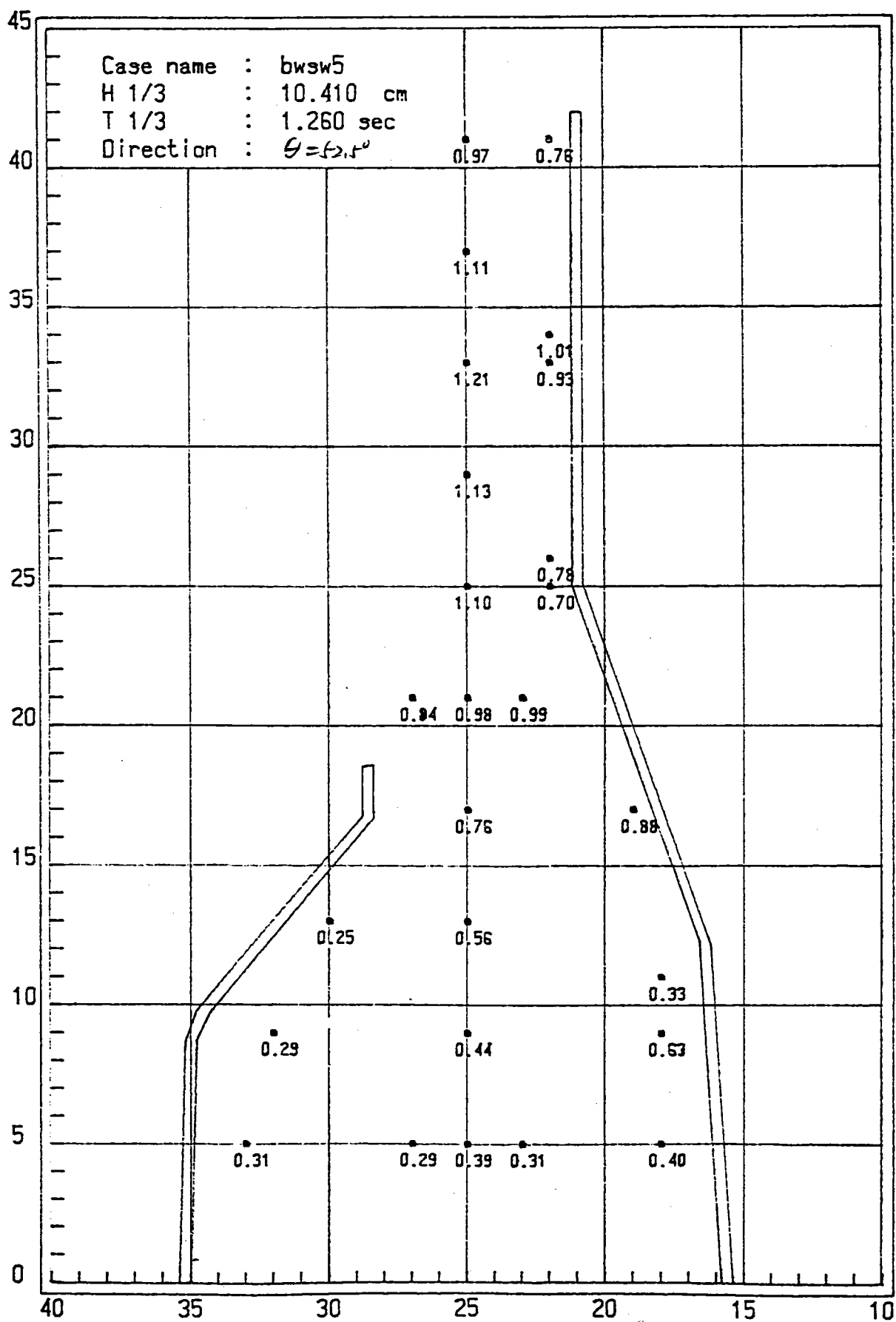


圖 B-8(d) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置B)

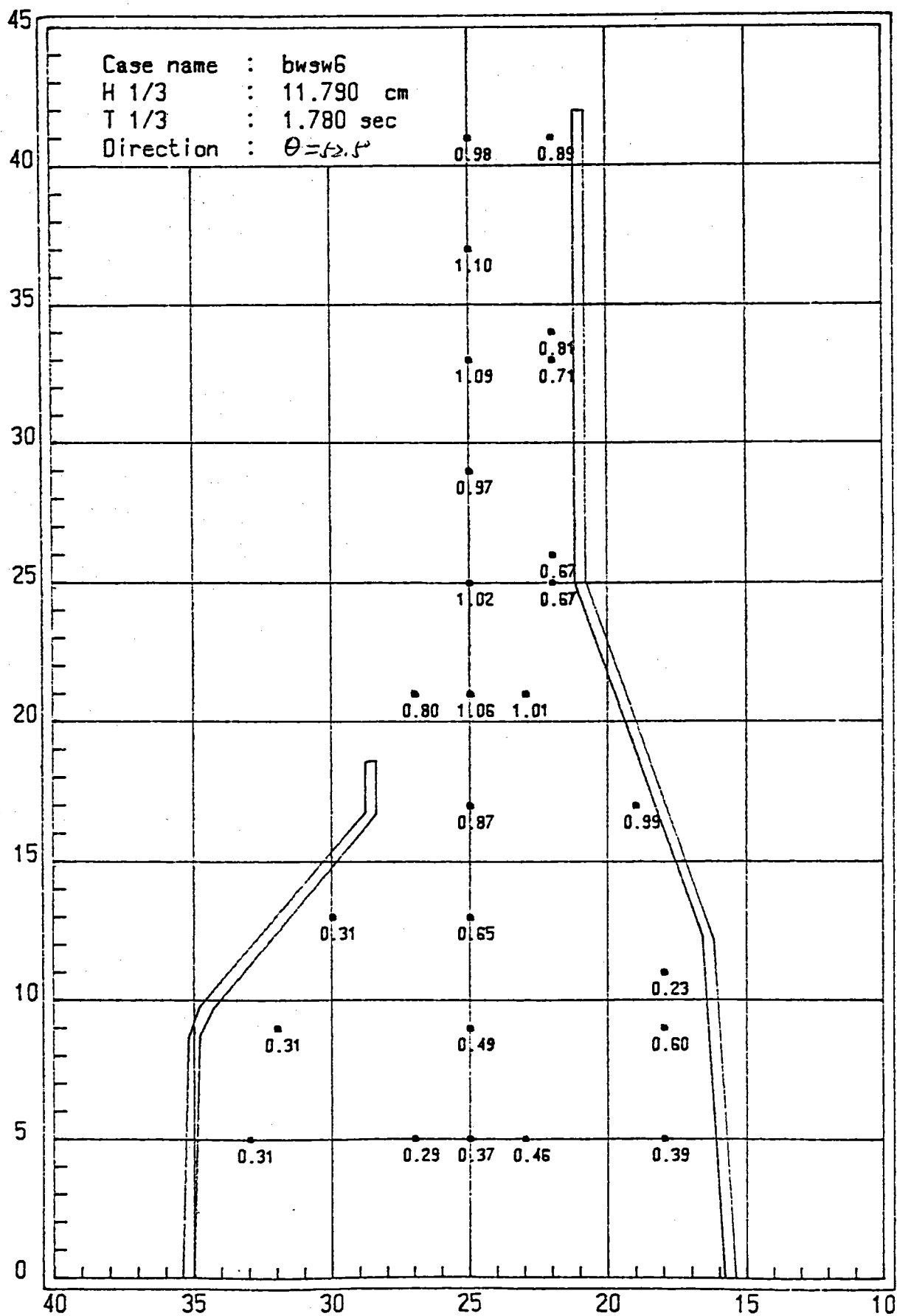


圖 B-8(e) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置B)

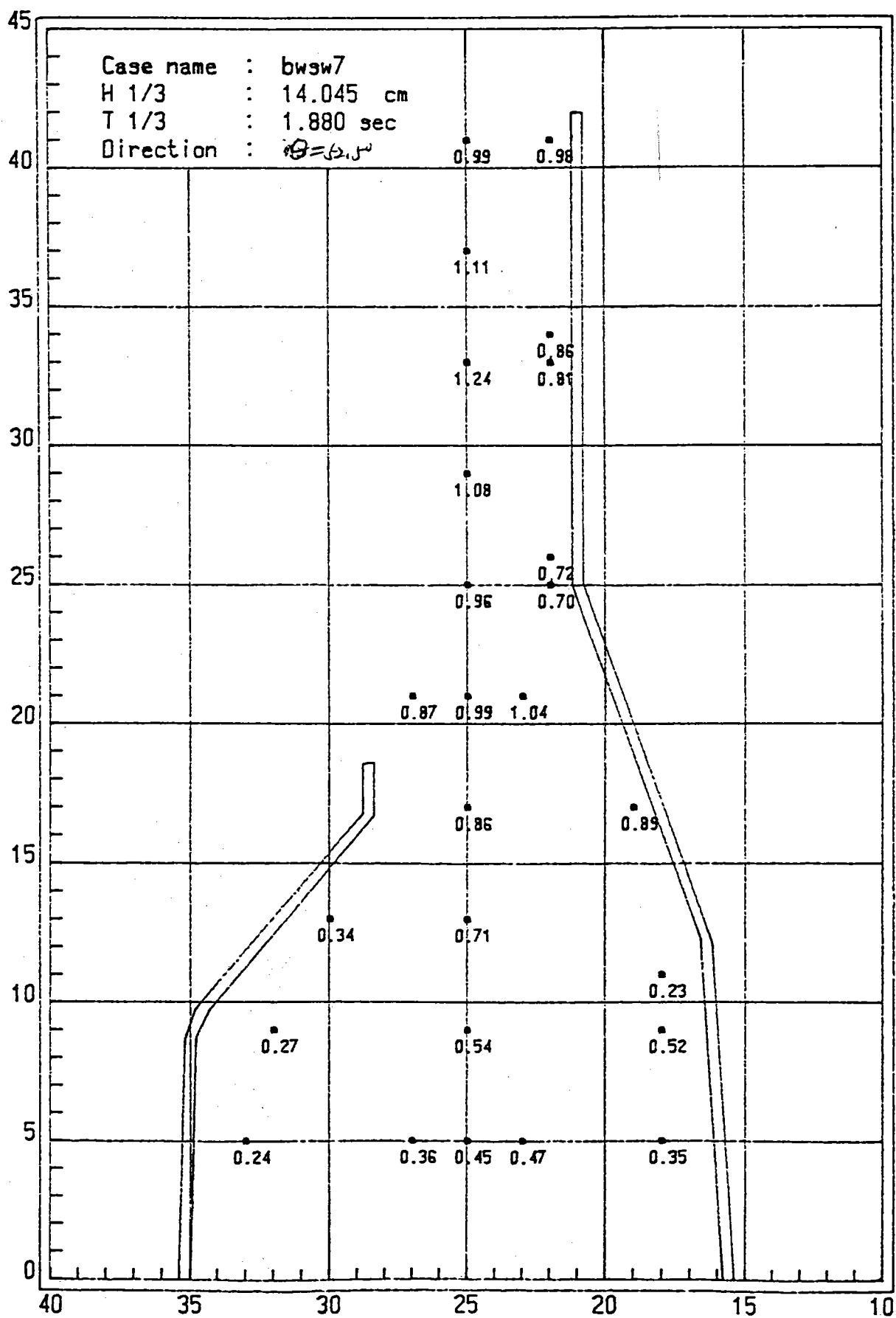


圖 B-8(f) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置B)

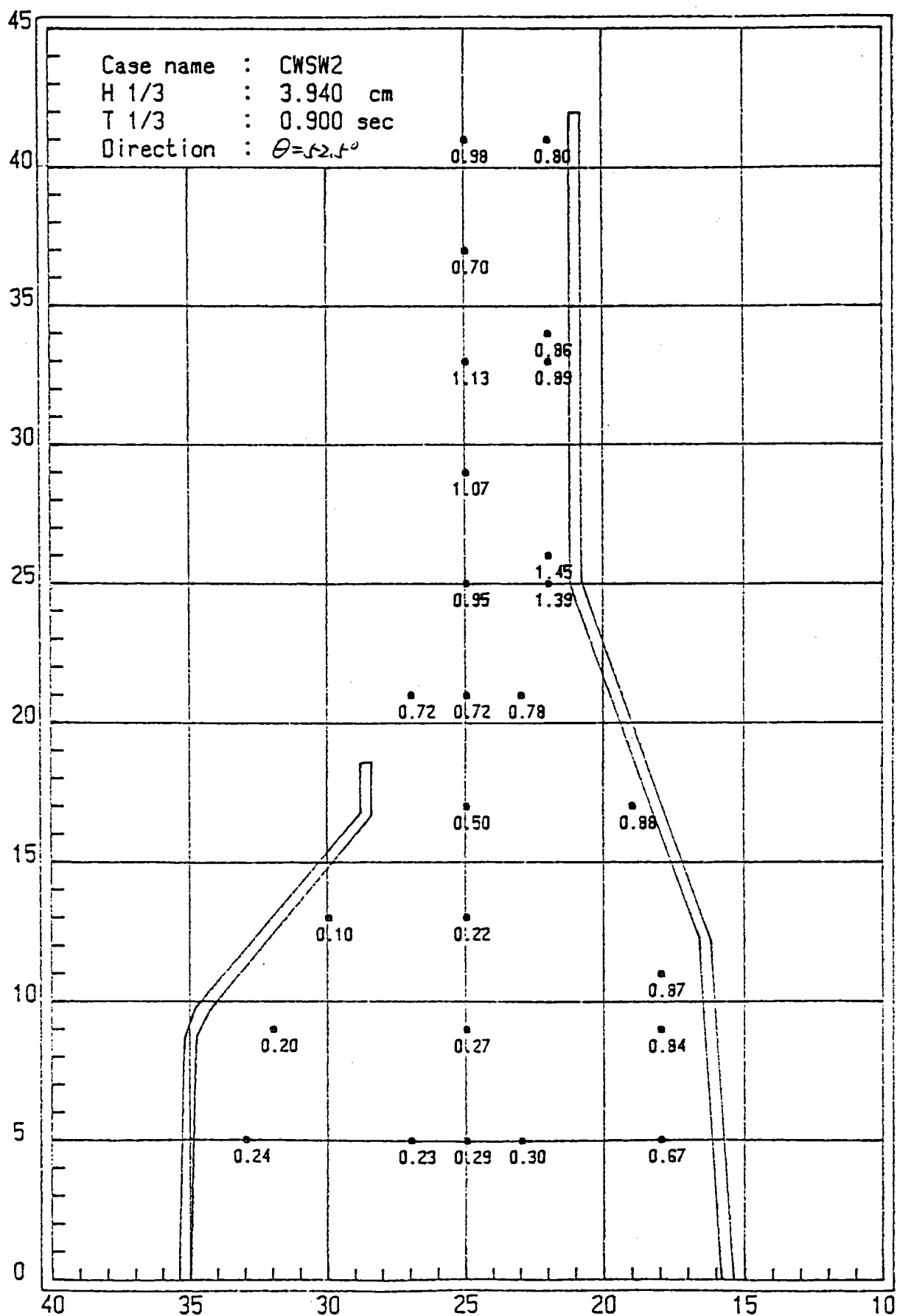


圖 B-9(a) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置C)

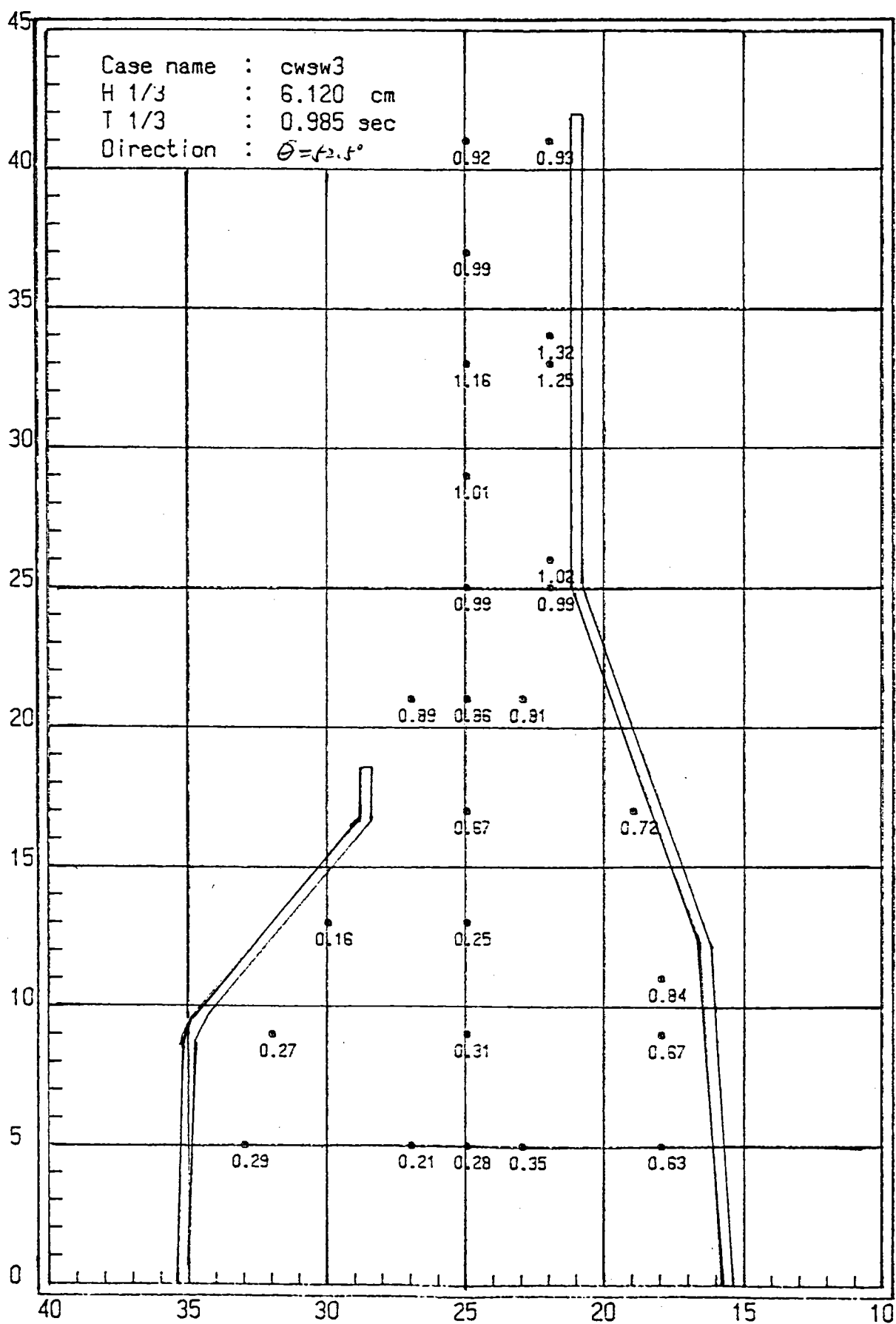


圖 B-9(b) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置C)

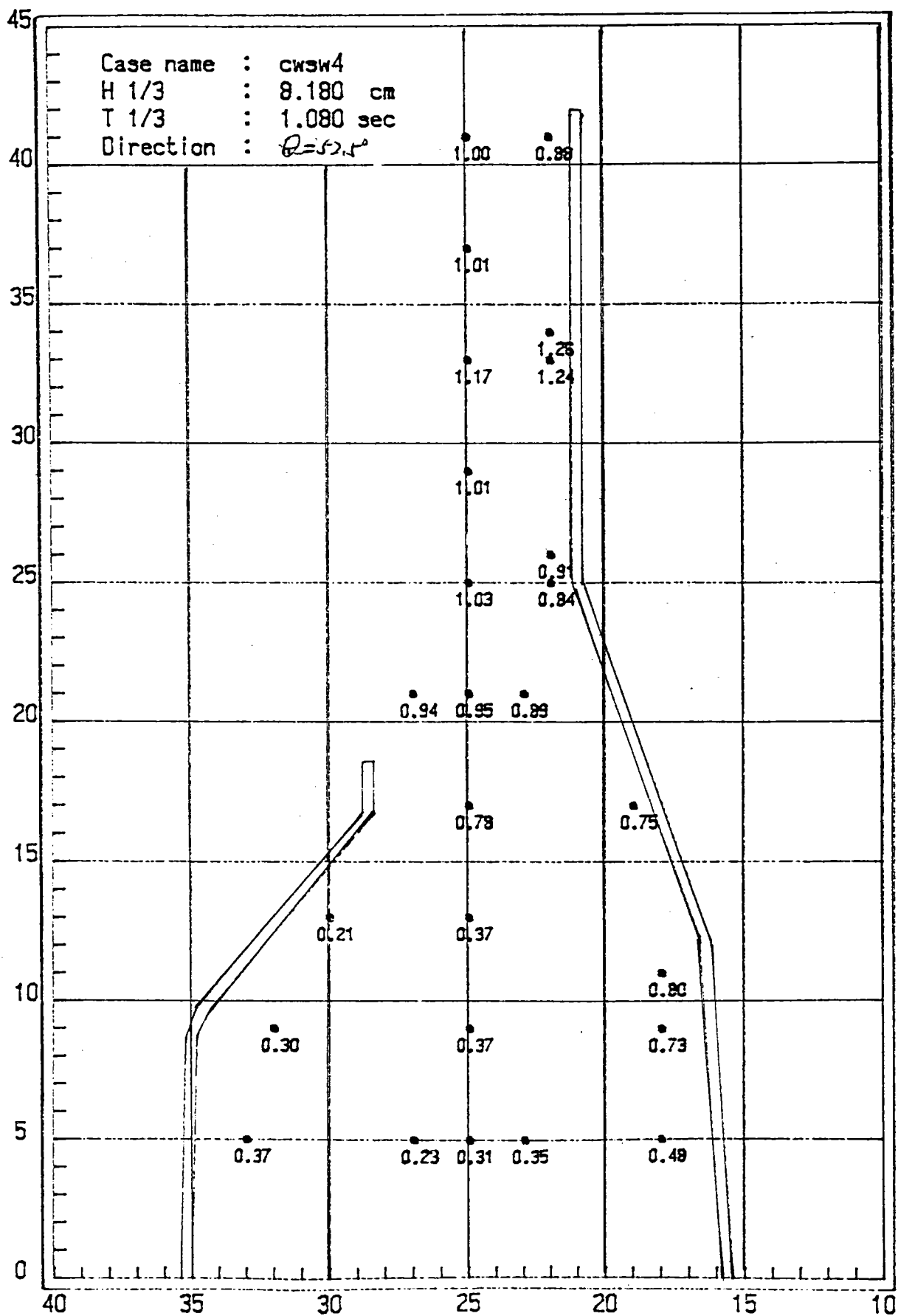


圖 B-9(c) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置C)

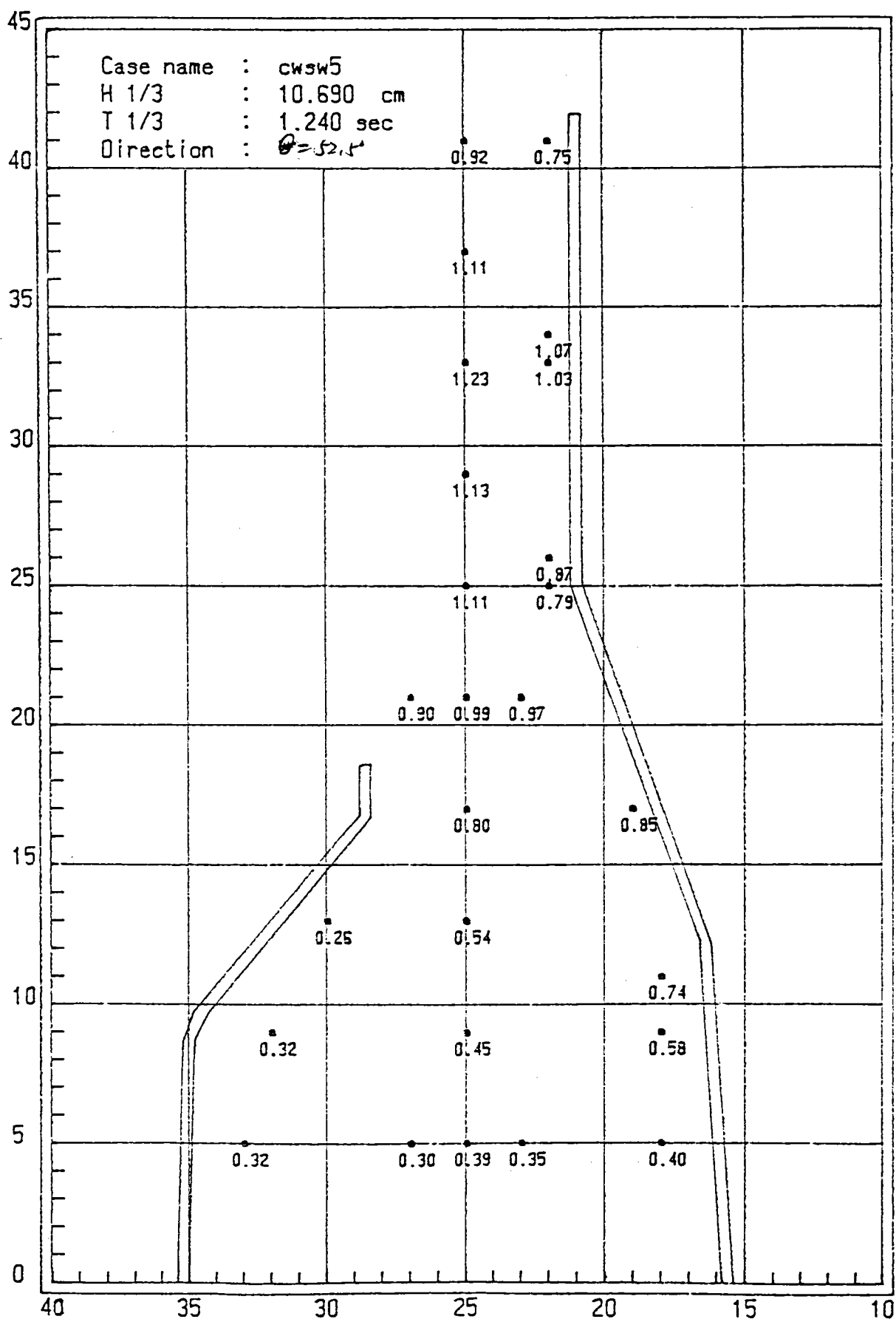


圖 B-9(d) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置C)

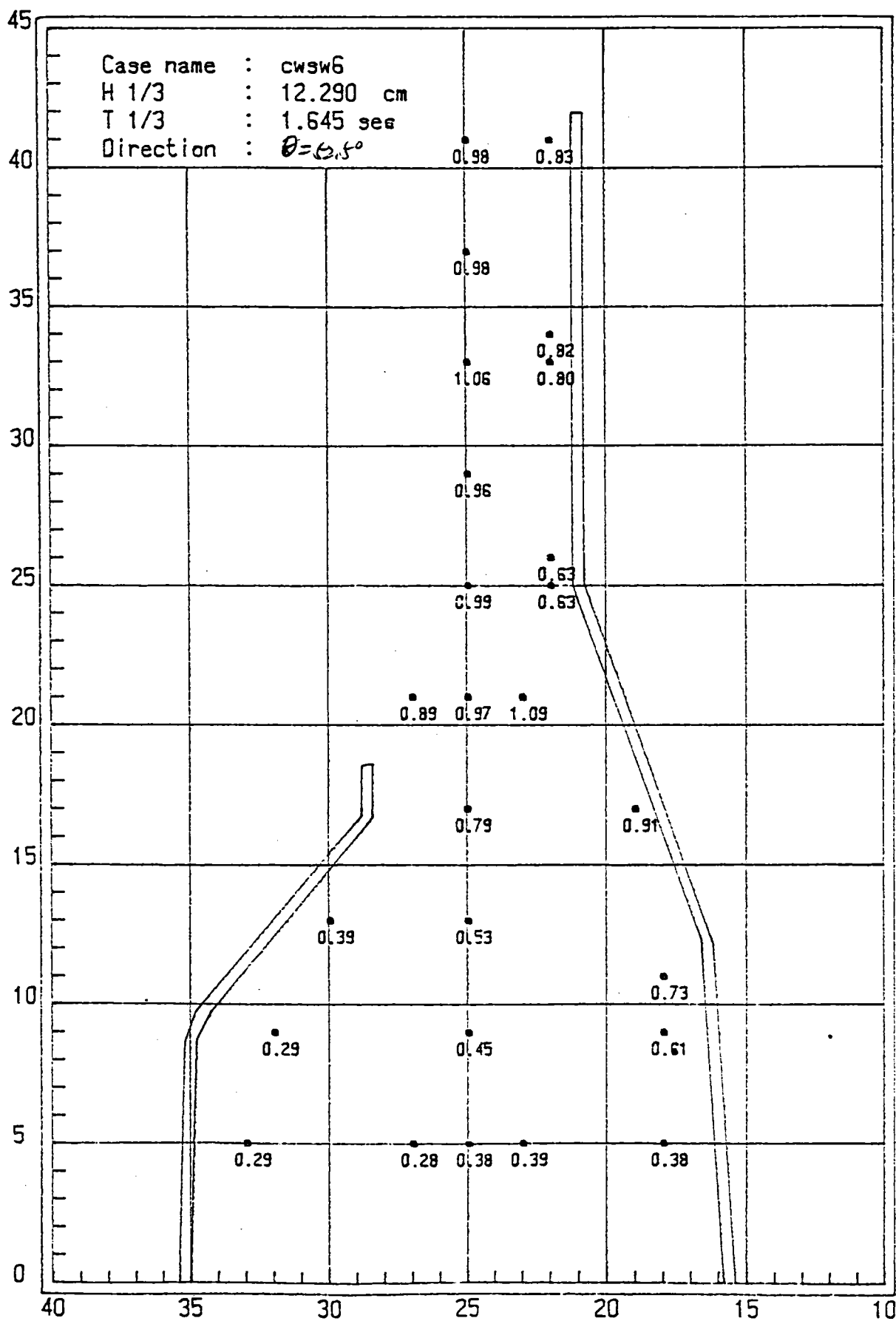


圖 B-9(e) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置C)

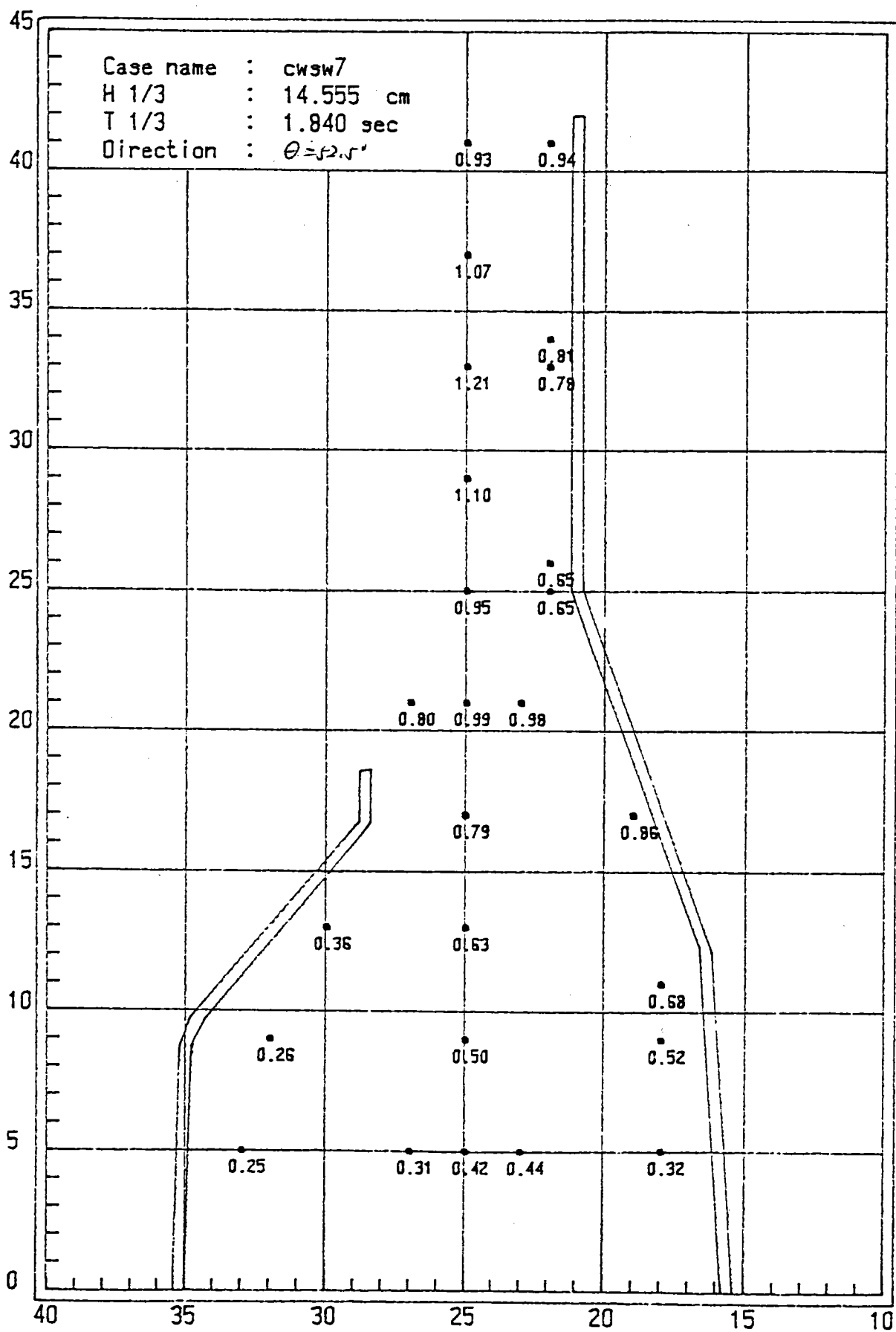


圖 B-9(f) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置C)

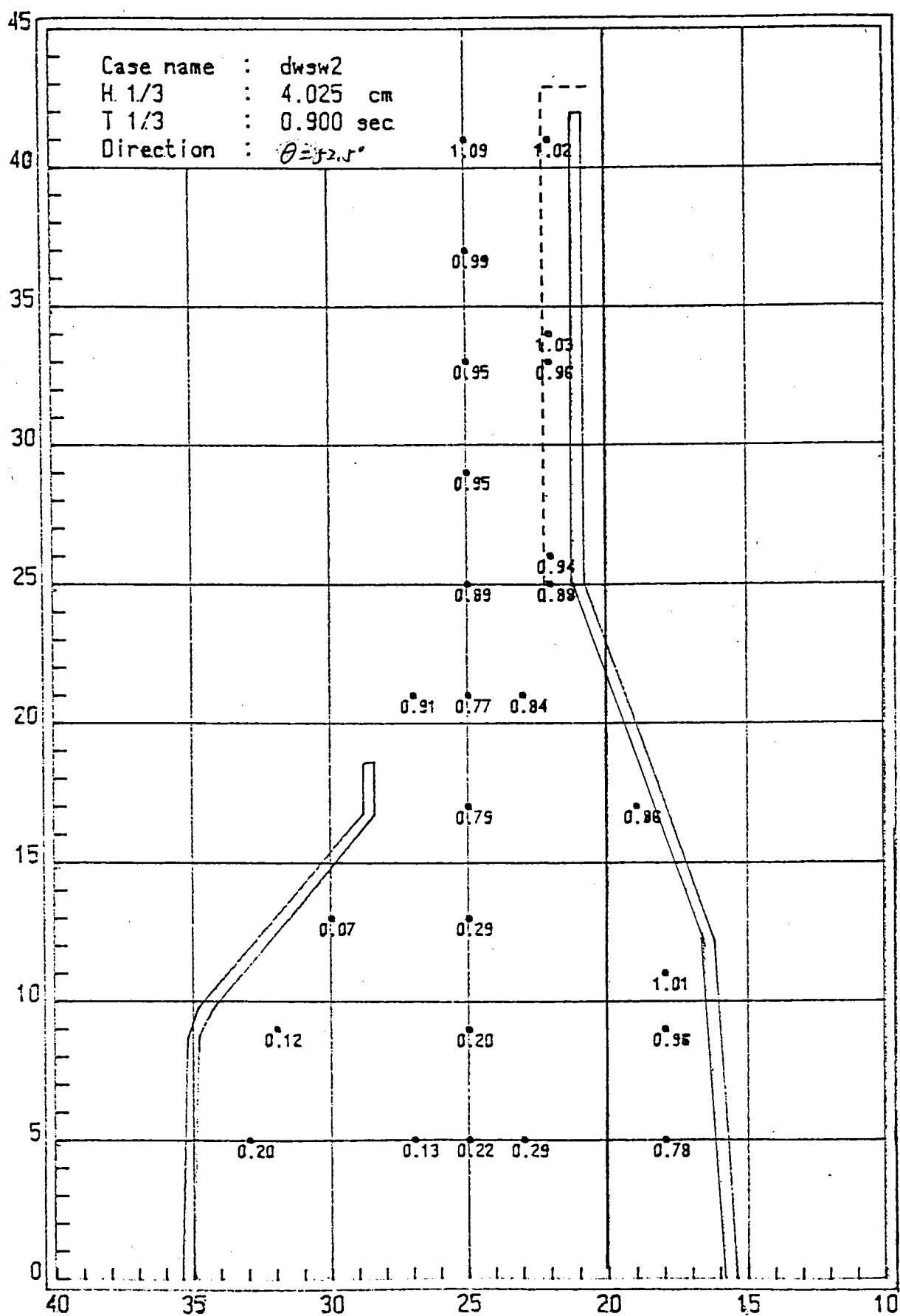


圖 B-10(a) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置D)

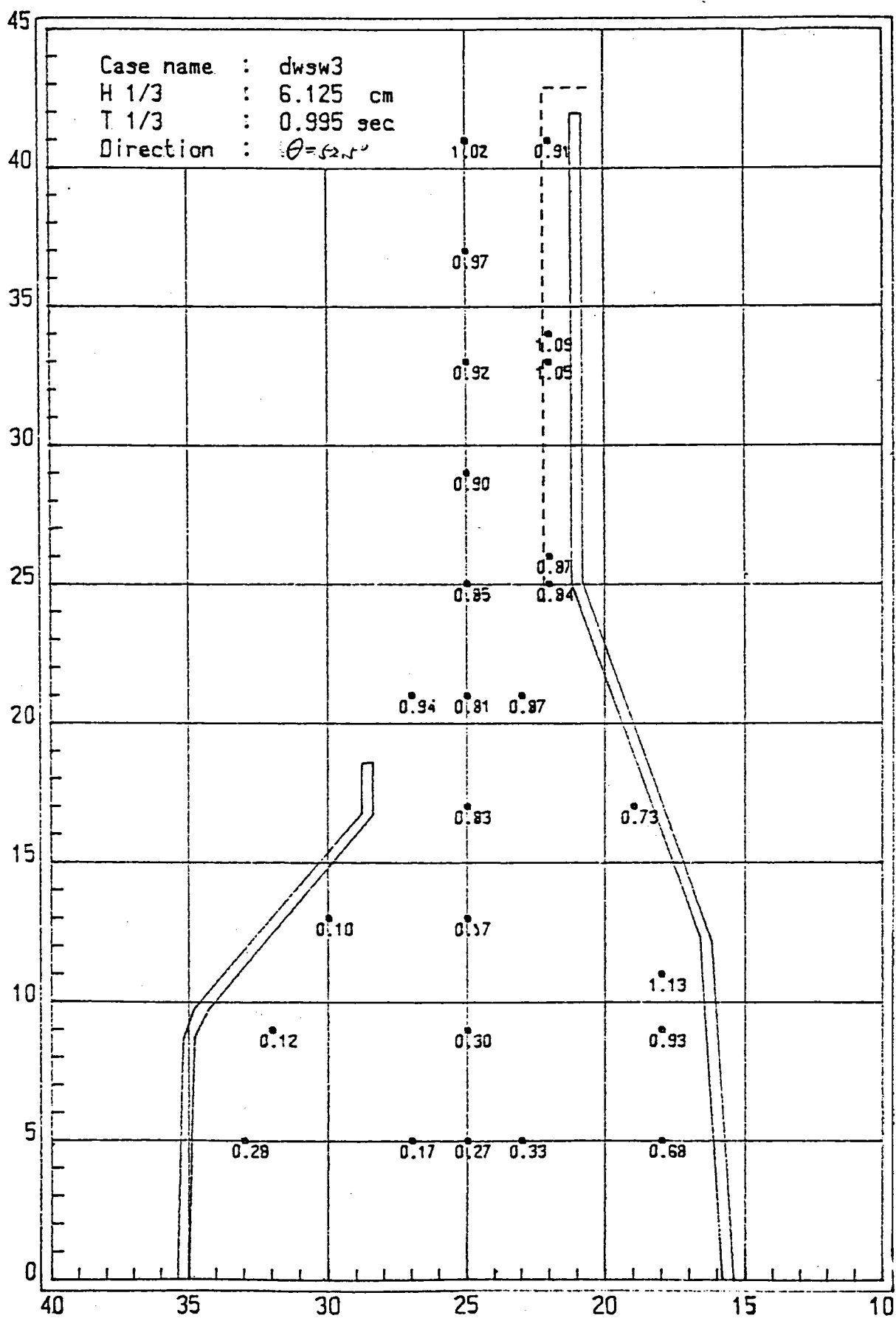


圖 B-10(b) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置D)

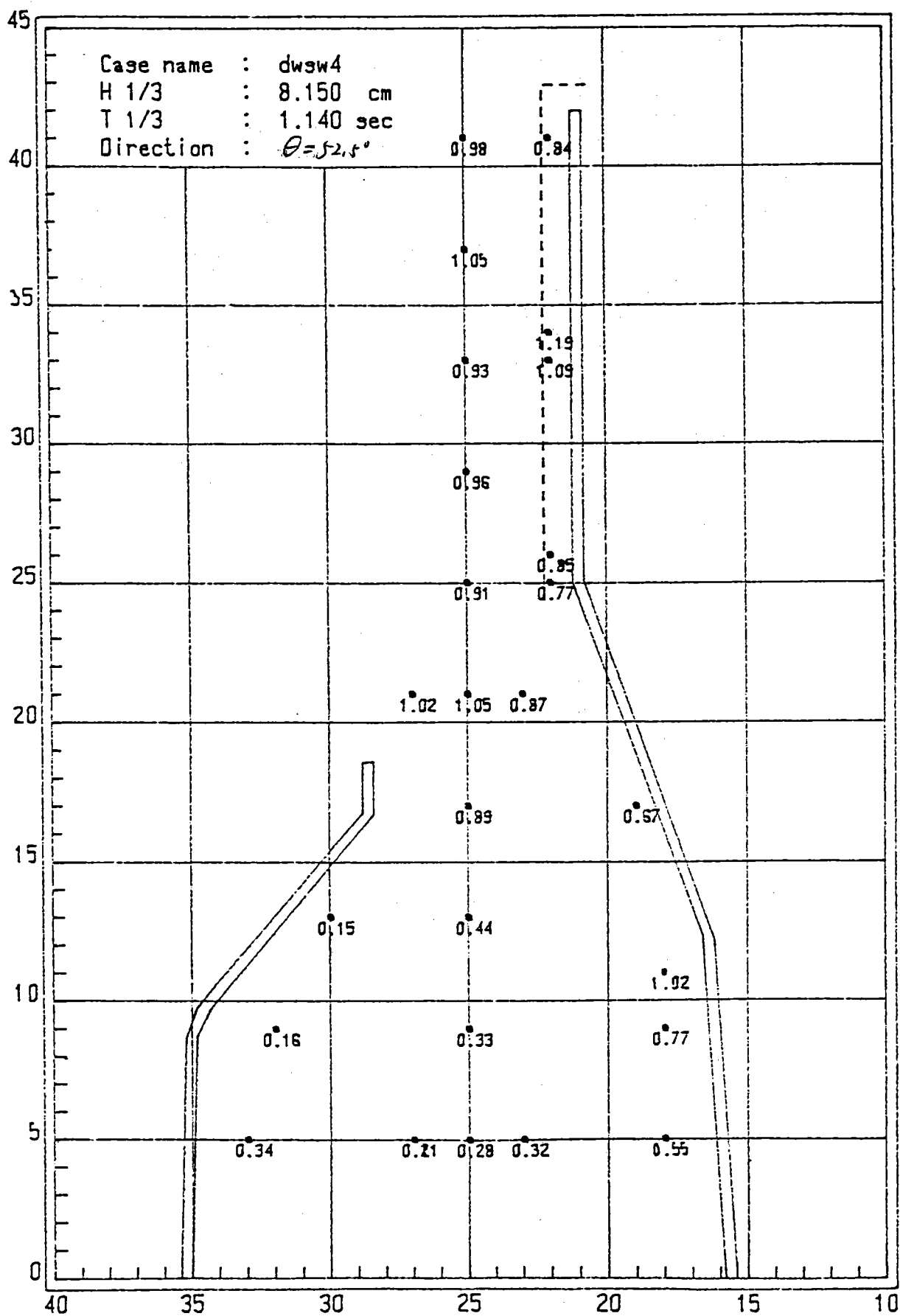


圖 B-10(c) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置D)

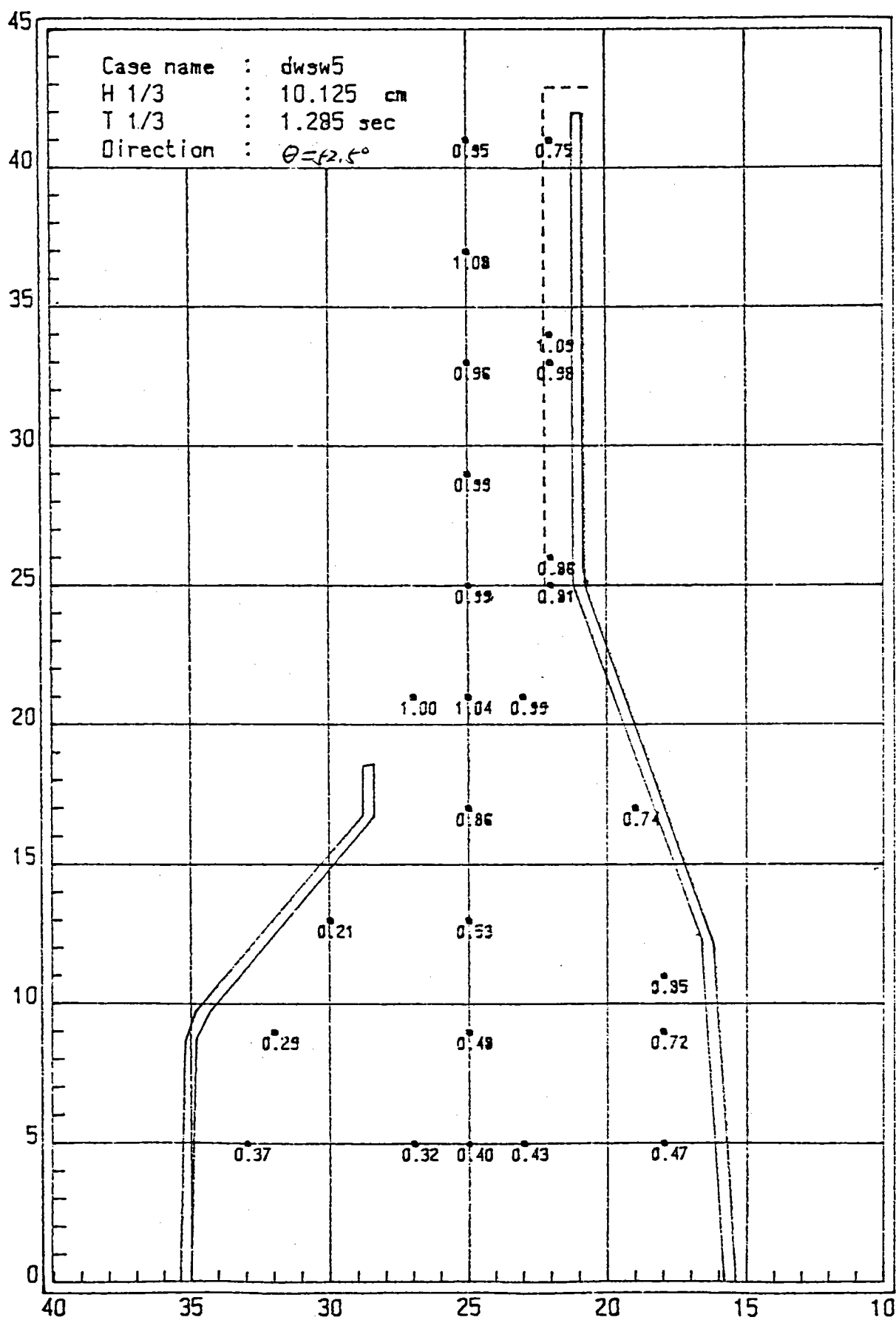


圖 B-10(d) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置D)

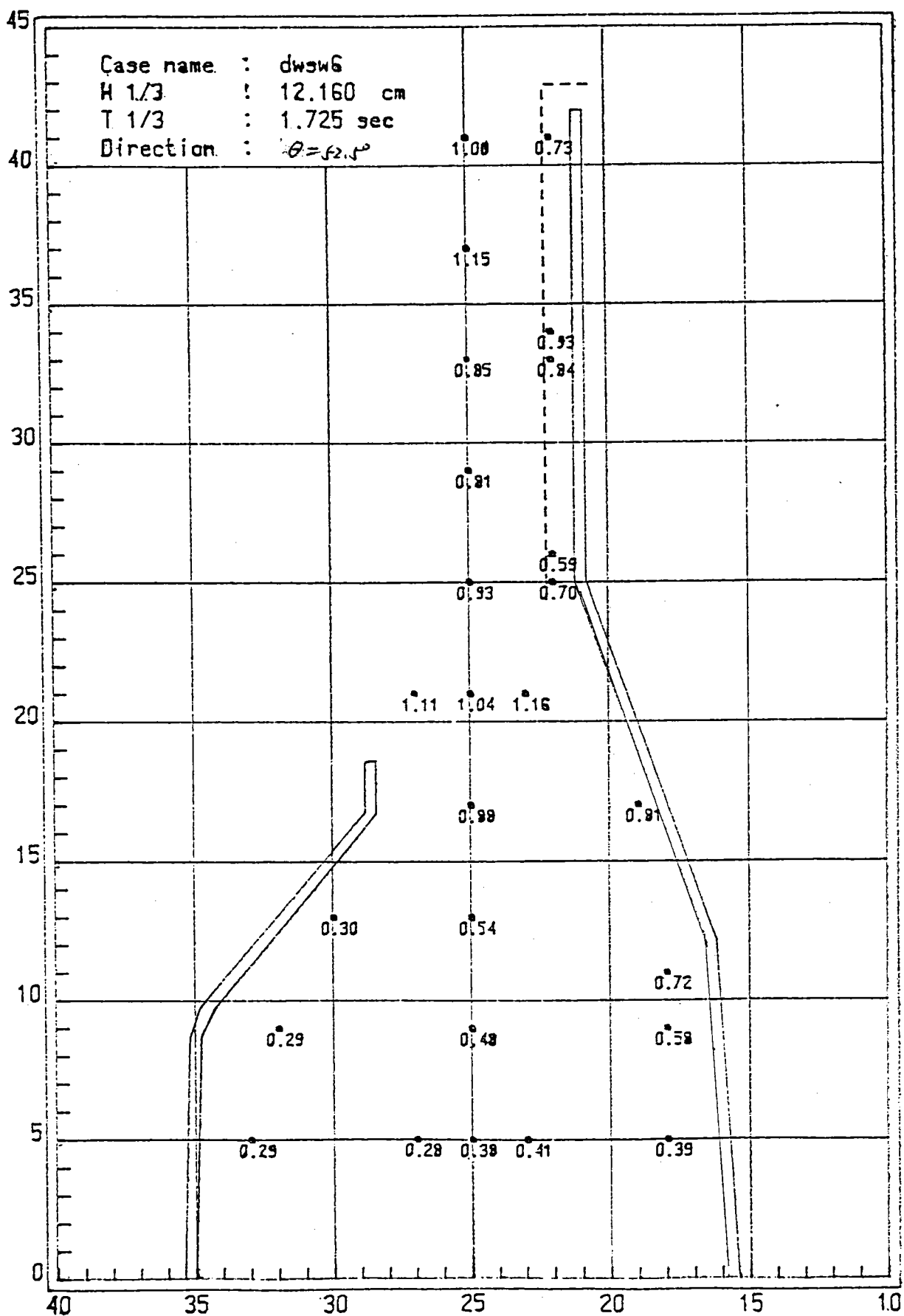


圖 B-10(e) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置D)

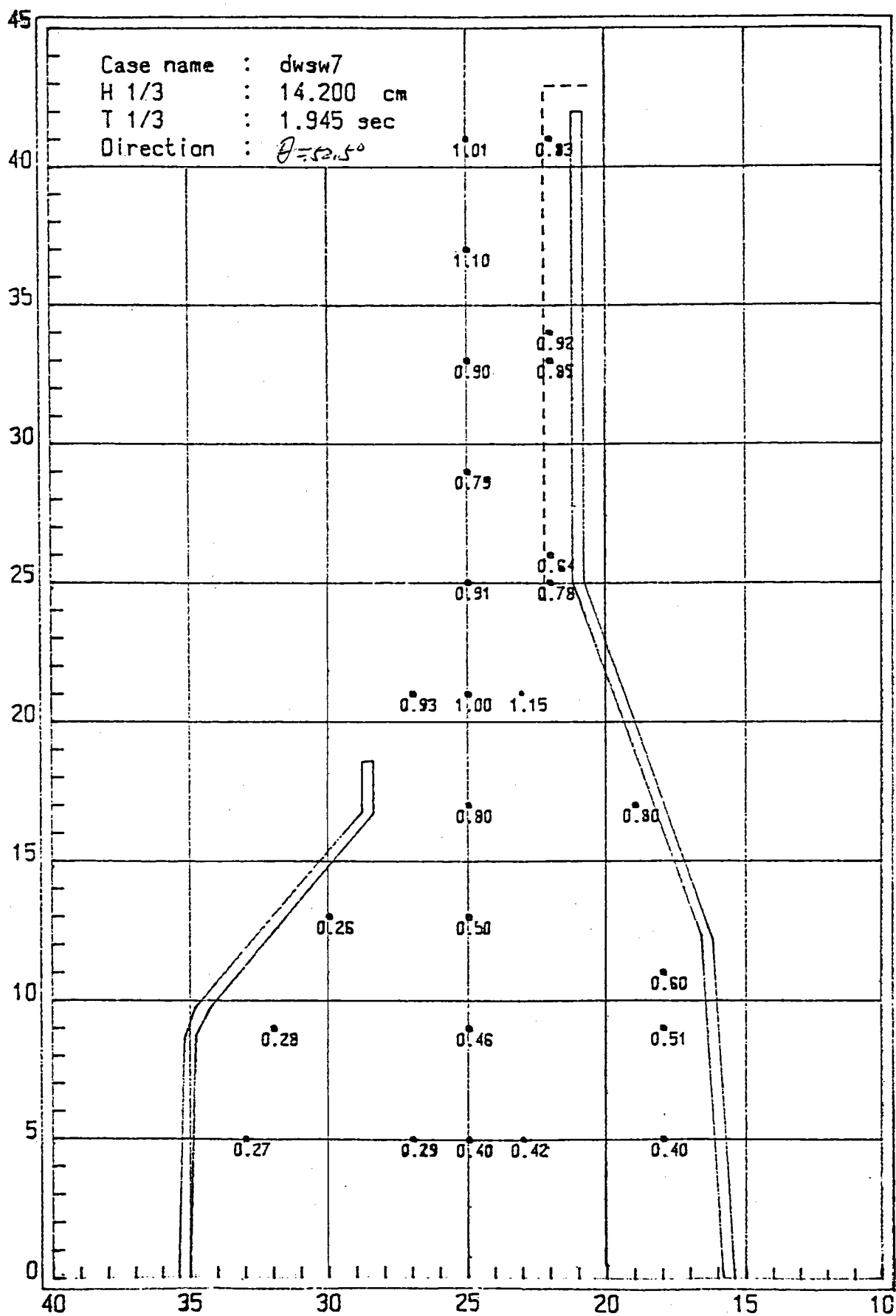


圖 B-10(f) PART B 試驗結果波高係數分佈(佈置D)

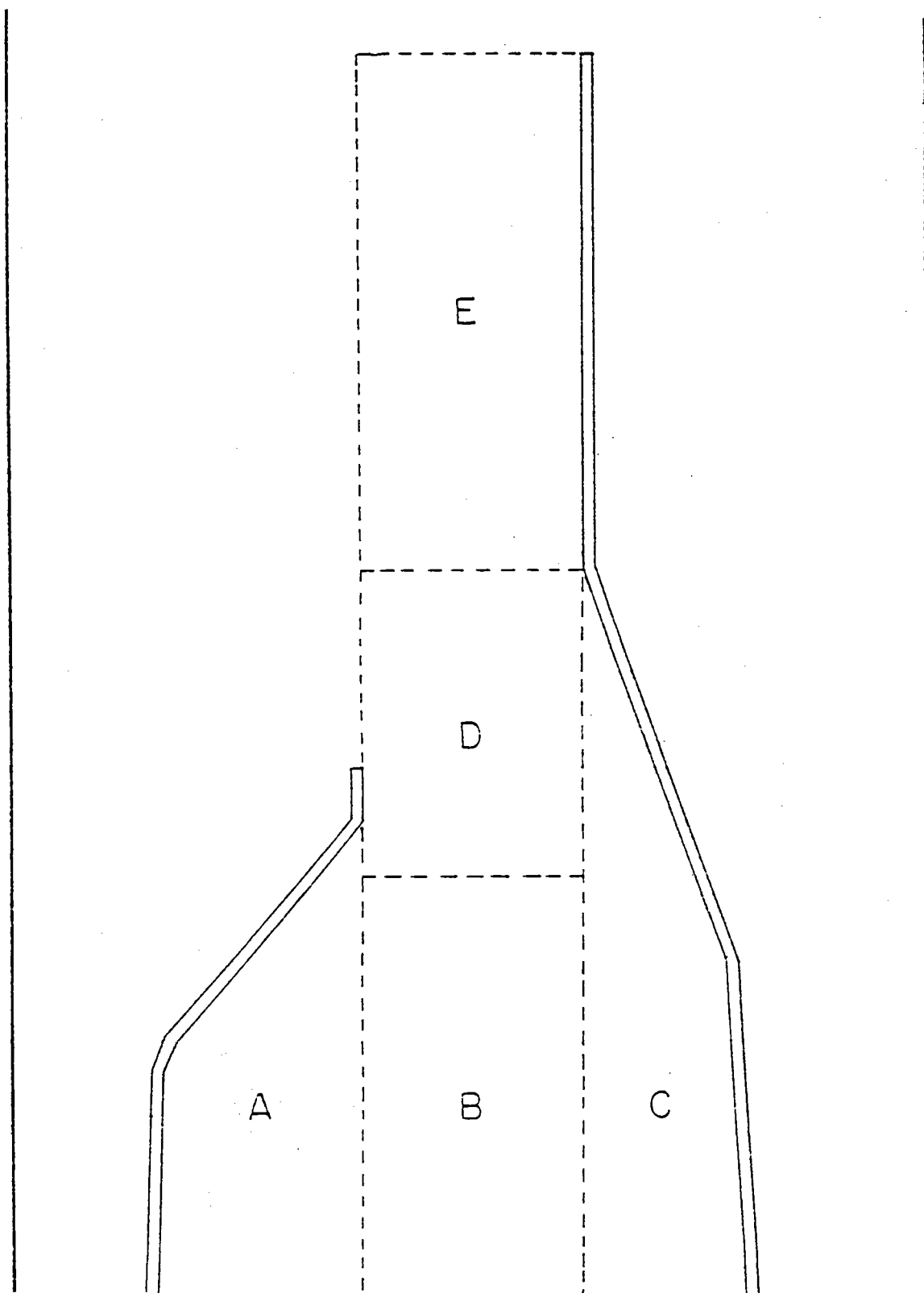


圖 B-11 PART B 測區範圍標示圖

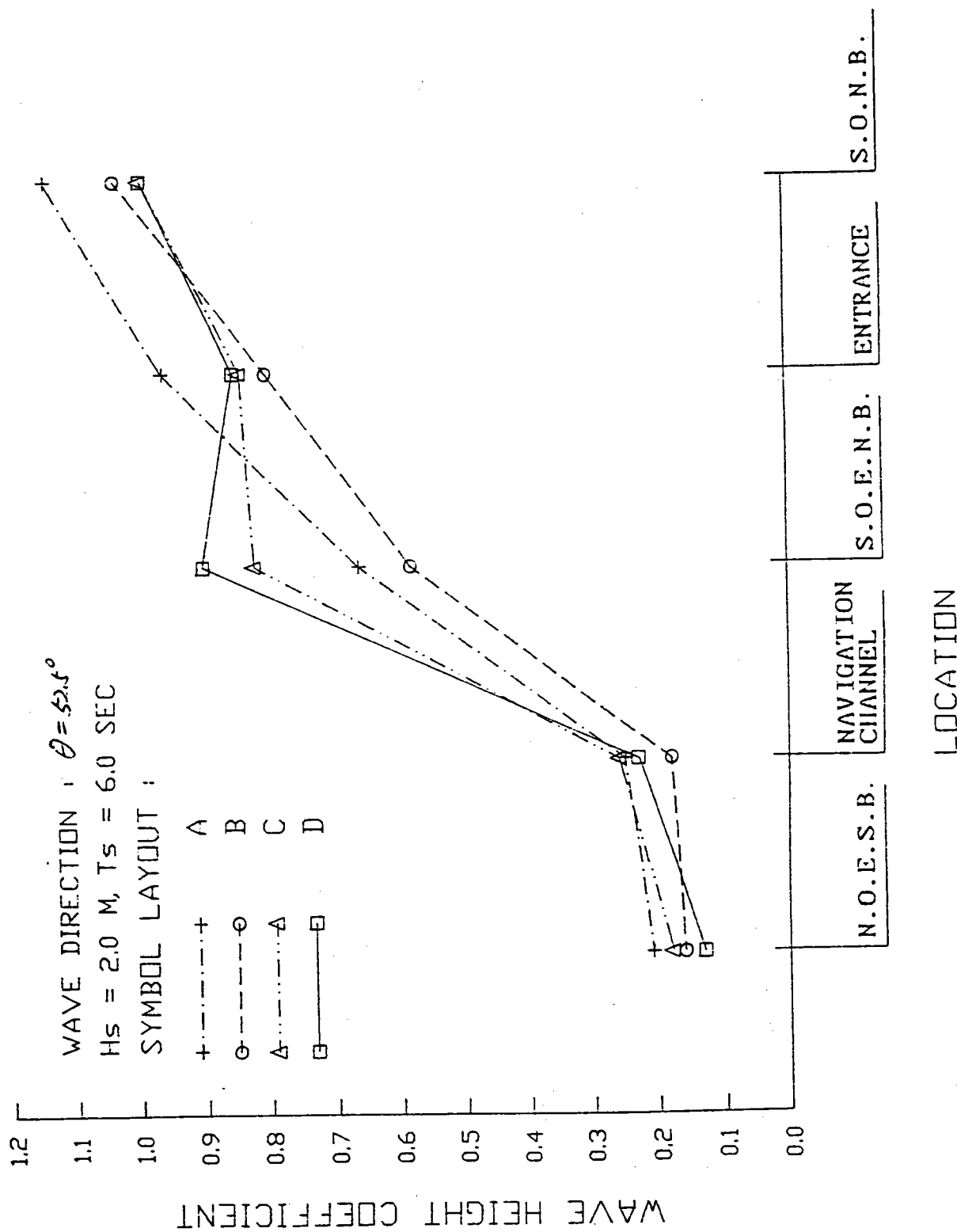


圖 B-12(a) 臨界波向試驗結果四種佈置波高係數比較 ($T=6.0$ SEC)

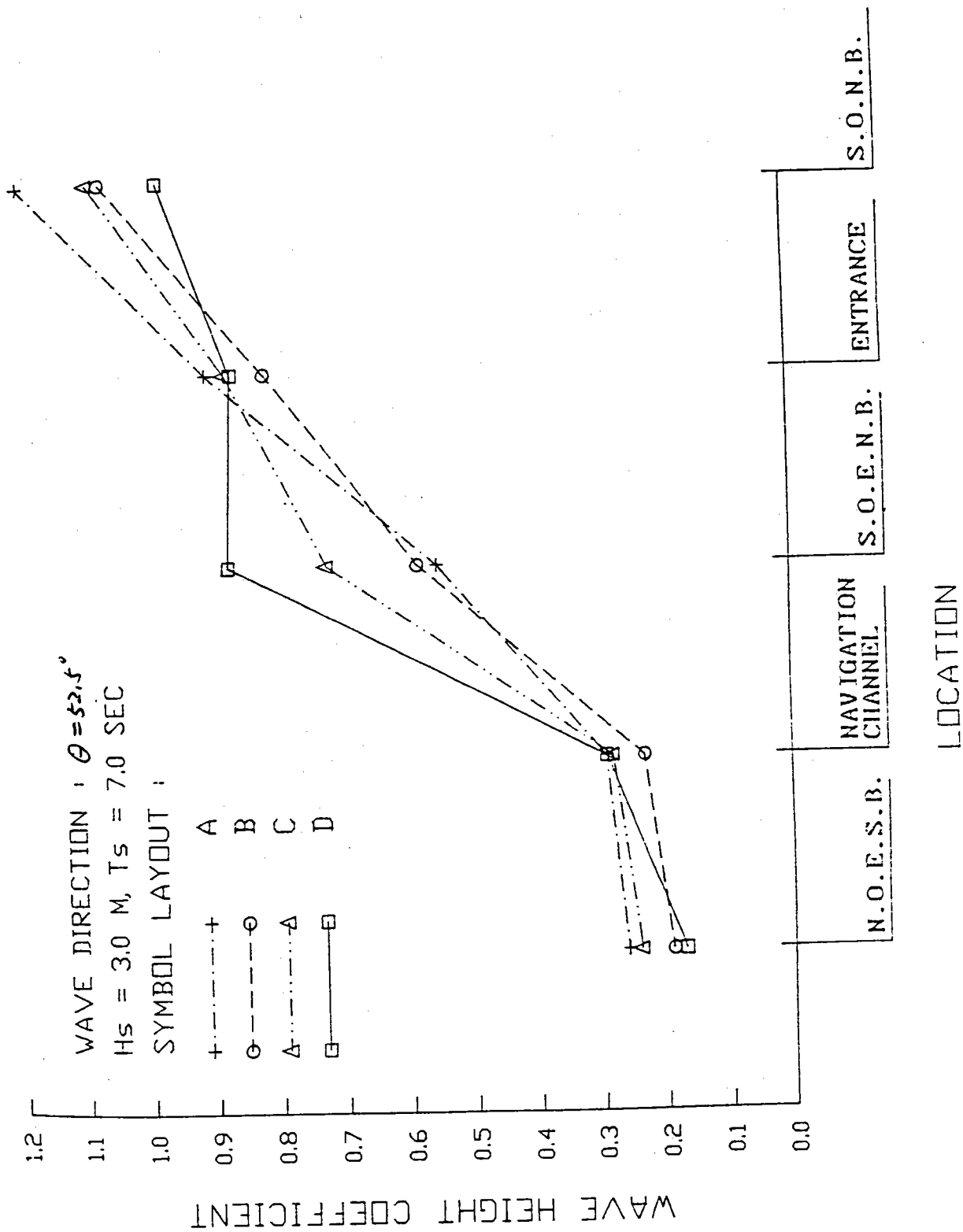


圖 B-12(b) 臨界波向試驗結果四種佈置波高係數比較 ($T=7.0\text{SEC}$)

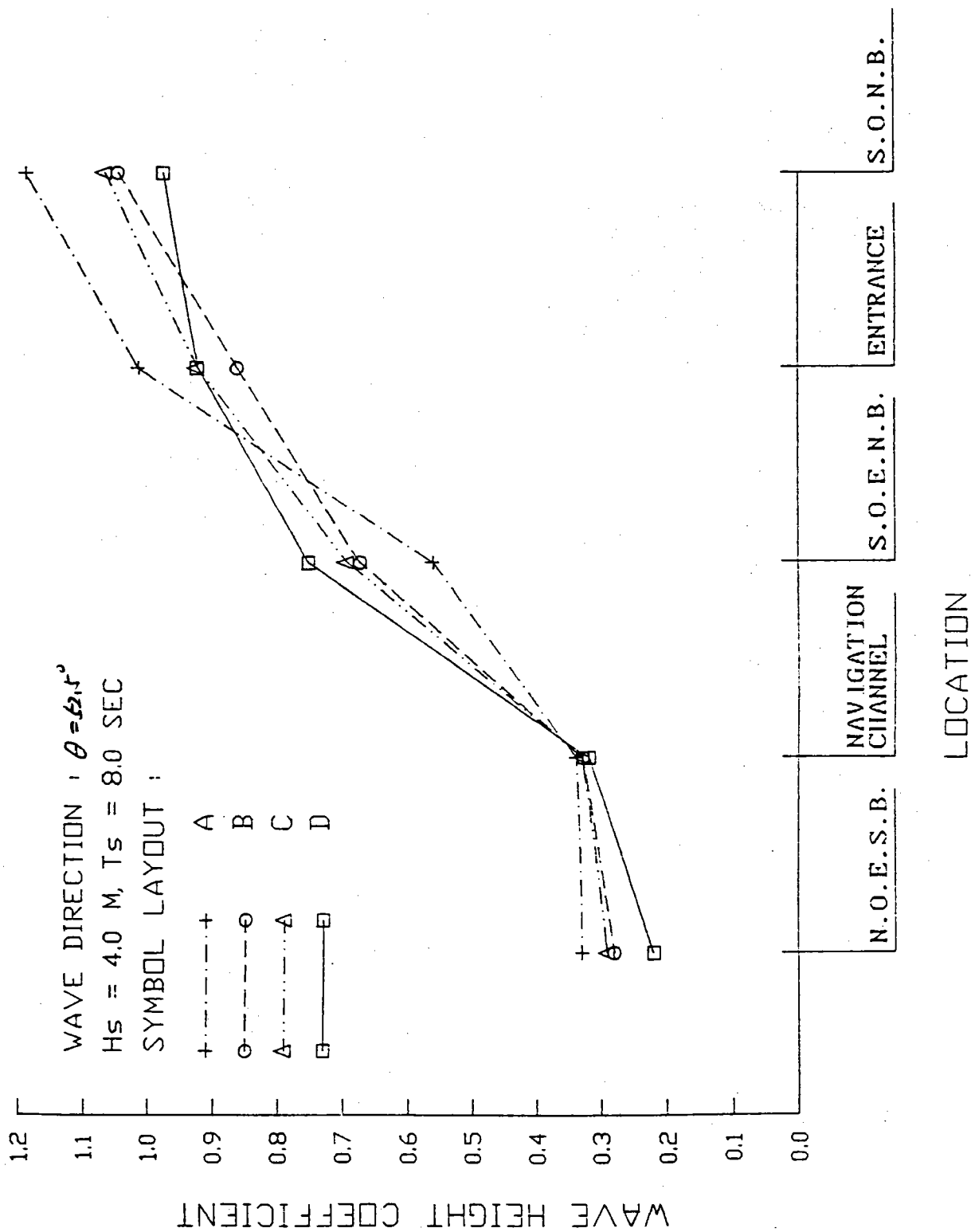


圖 B-12(c) 臨界波向試驗結果四種佈置波高係數比較 ($T=8.0 \text{ SEC}$)

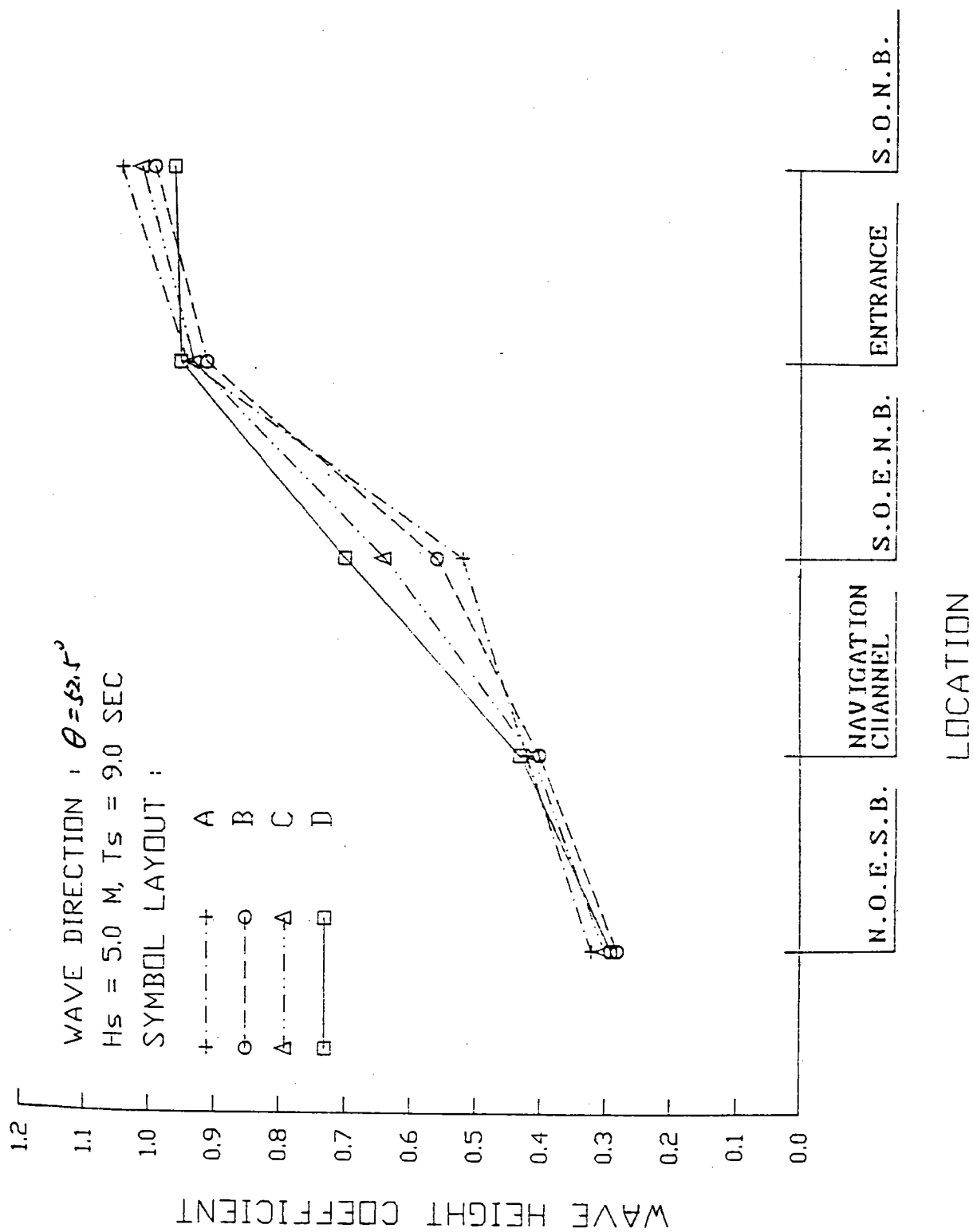


圖 B-12(d) 臨界波向試驗結果四種佈置波高係數比較 ($T=9.0$ SEC)

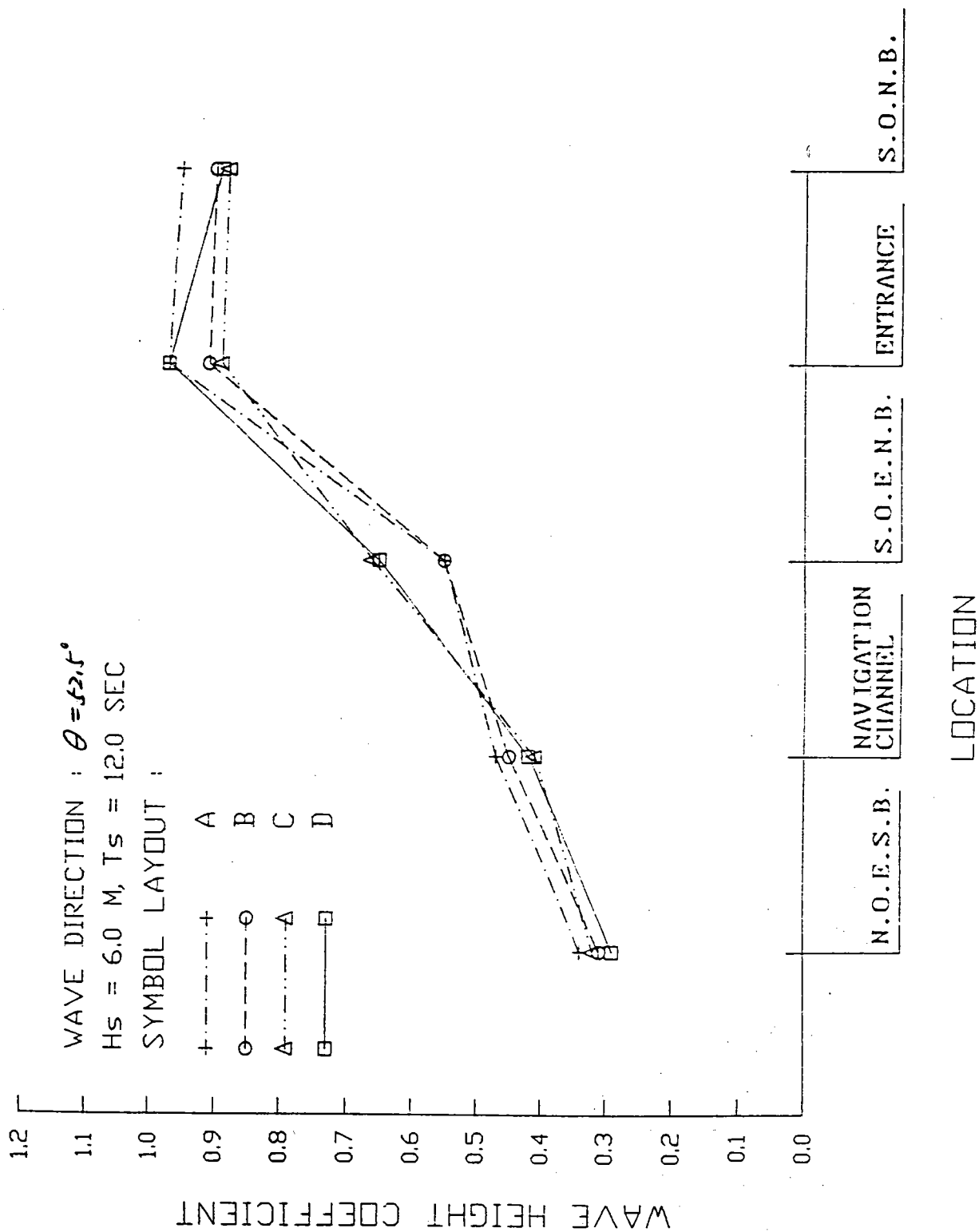
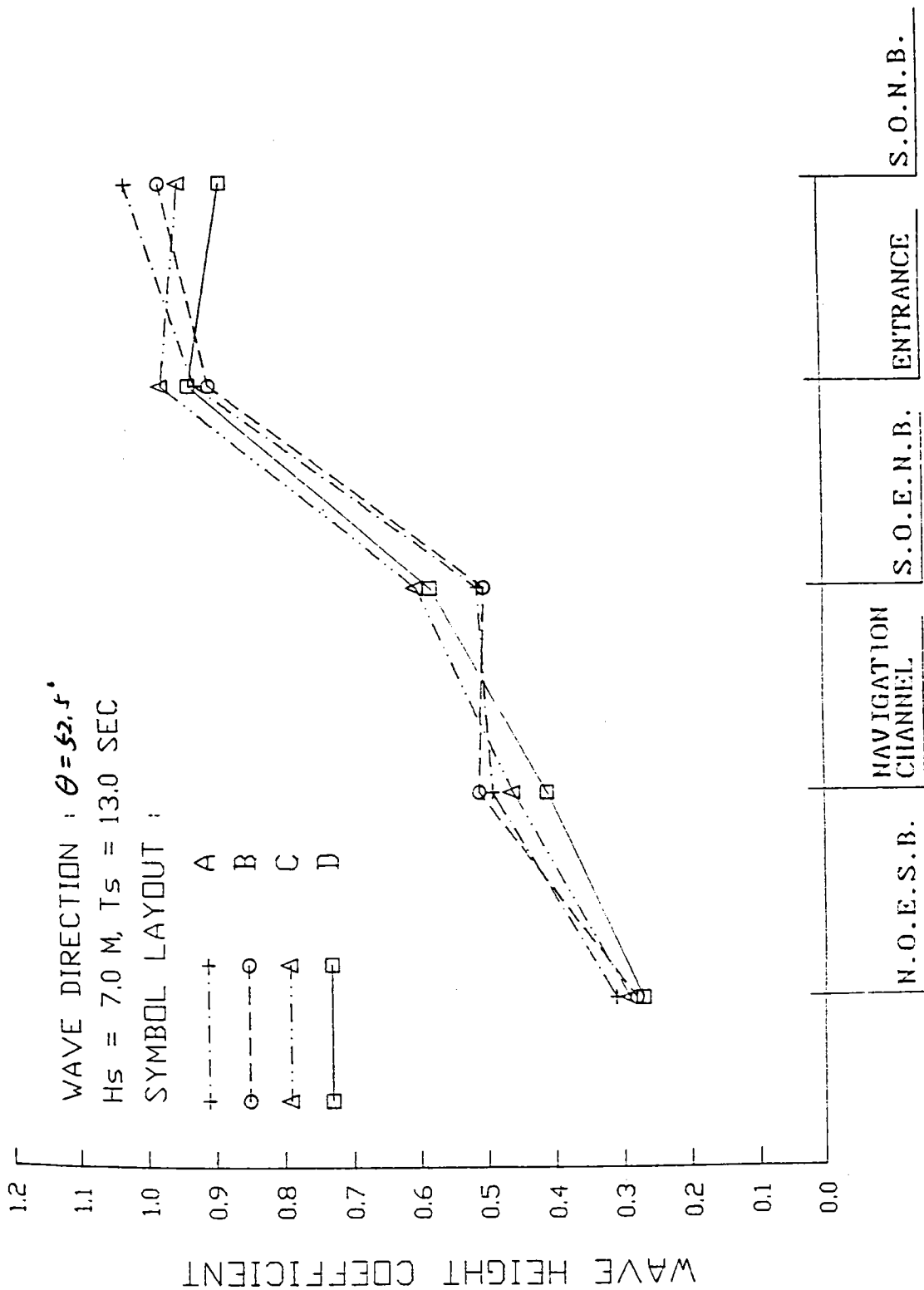


圖 B-12(e) 臨界波向試驗結果四種佈置波高係數比較 ($T=12.0$ SEC)



LOCATION

圖 B-12(f) 臨界波向試驗結果四種佈置波高係數比較 ($T=13.0\text{SEC}$)

PART C -- 海岸結構物不同交角波能集中效應試驗研究

PART A、PART B係分別對單一型式海岸結構物交角波能集中效應以及其結構物導浪消波特性進行不規則波試驗，惟為瞭解不同交角結構物當波浪入射角度變化時在其交角附近波能集中效應，乃進行該項規則波試驗研究，俾提供港務局爾後規劃設計參考用，謹將試驗經過與結果敘述如下：

一. 試驗設備

本試驗係在本所第一場棚小平面水槽(長 35 公尺，寬 8 公尺，深 1 公尺)中進行。水槽一端設有造波機一部，波高可藉調整連桿偏心距來變換而週期則透過調整無段變數迴轉數來控制之。

波高測定採用容量式波高計將水面波動變化之感應訊號經增幅放大後，透過 AD 卡送入電腦分析，整個試驗之數據資料全部用電腦全程監控、儲存、分析、精確迅速。

二. 試驗條件及內容

1. 試驗結構物交角： 112.5° ， 135° ， 157.5°
2. 入射波波向：為配合採用結構物交角的不同，入射波向分別採用與結構物法線交角如表 C-1 所示，波浪入射角度定義如圖 C-1。

表 C-1 PART C 結構物交角與波浪入射角度

結構物 交 角	112.5°			135°			157.5°		
入射波 向與結 構物法 線交角	0°	18.75°	37.50°	0°	22.5°	45.0°	0°	26.25°	52.50°

3. 試驗波高及週期，如表 C-2 所示。

表 C-2 PART C 試驗條件

週 期 (秒)	1.2			1.4			1.6		
波 高 (公分)	1.26	4.06	5.58	3.64	5.73	7.51	4.61	6.09	7.60

4. 試驗採用水深：50cm。

5. 波高計配置如圖 C-2。

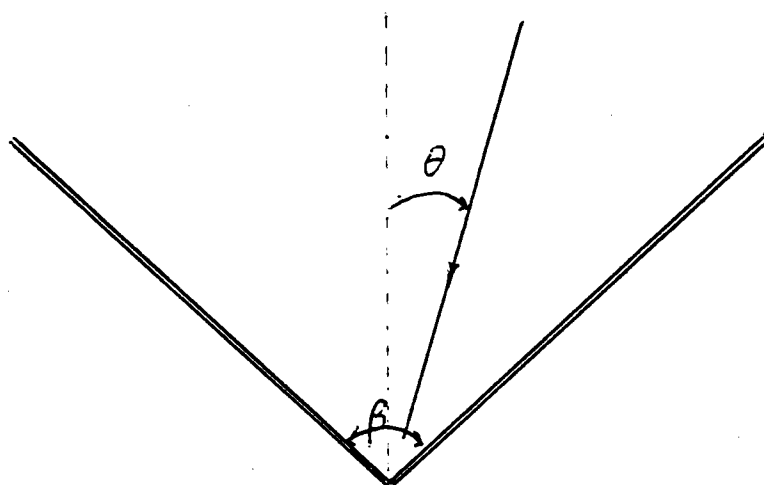


圖 C-1 波浪入射波向定義圖

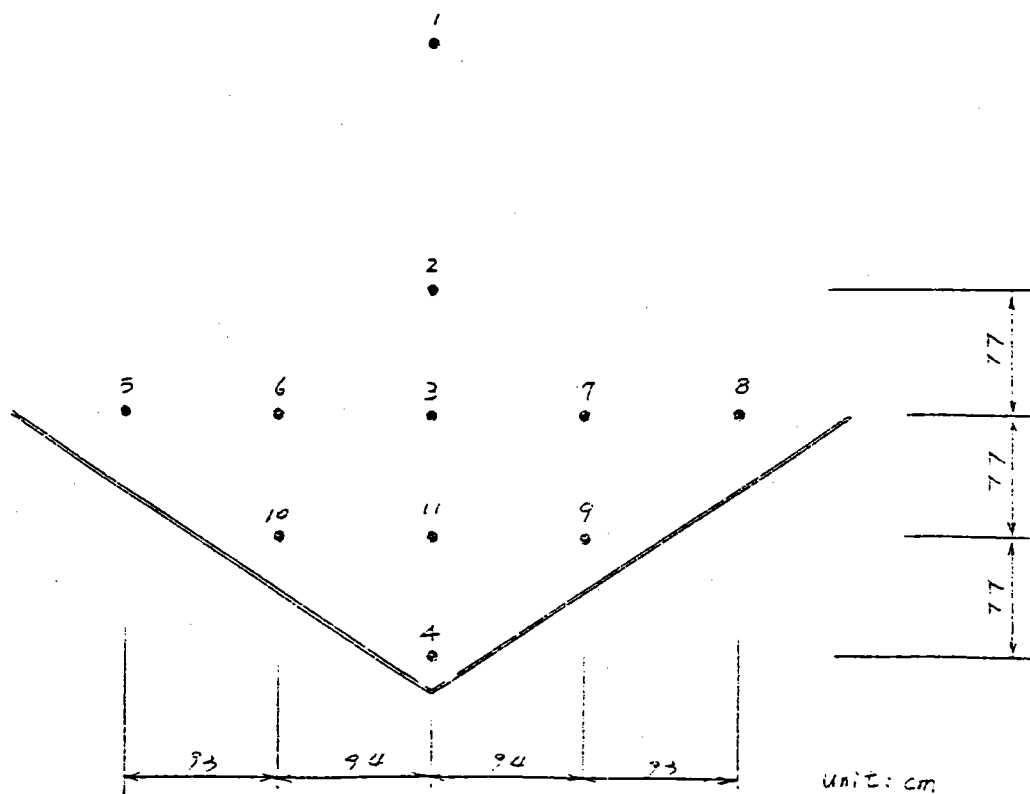


圖 C-2(a) 波高計配置圖(結構物交角 112.5°)

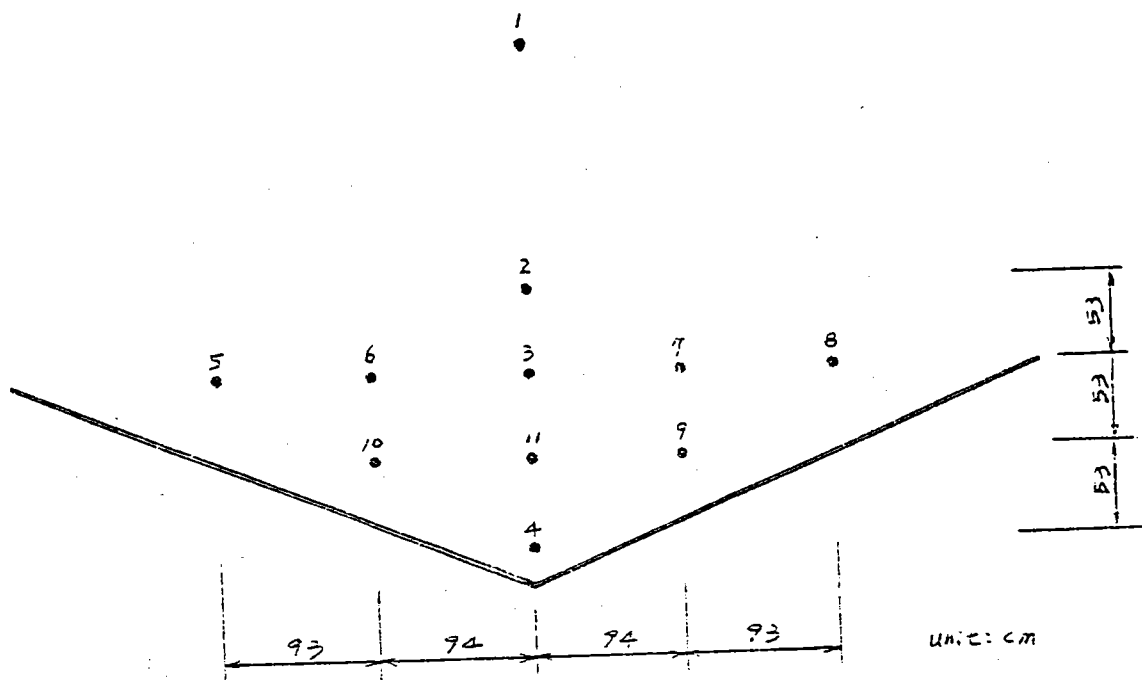


圖 C-2(b) 波高計配置圖(結構物交角 135°)

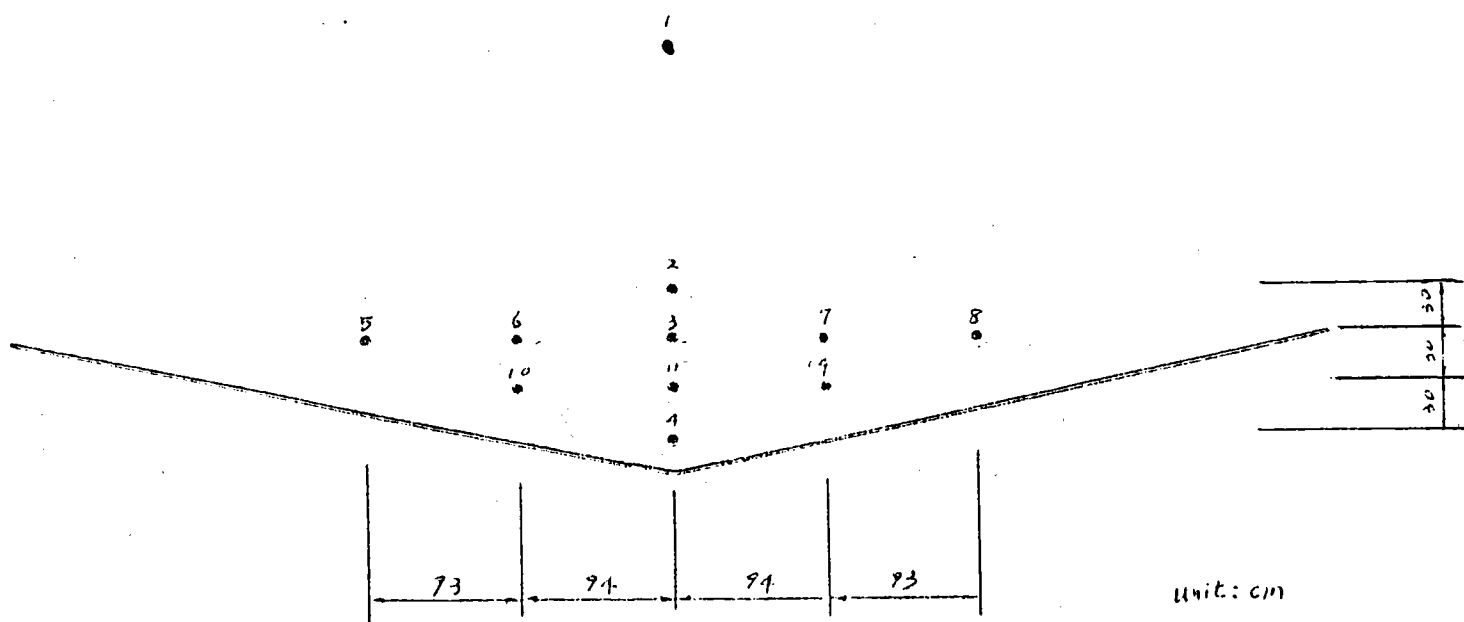


圖 C-2(c) 波高計配置圖(結構物交角 157.5°)

三.試驗資料分析與試驗結果

附錄圖 C 為三種不同結構物交角，在不同波浪條件(波高與週期)當波浪入射角度不同時，在交角附近處波高分佈，就能量觀點言，為比較不同結構物交角對波能集中效應，將波高計 #2~#11 所實測得之波高平方和取其平均數，再除以入射波高平方值得一無因次化相對波能比 E/E_i 作為參數指標，試驗資料整理結果如表 C-3 所示，將其中參數點繪如圖 C-3 所示，表不同結構物交角，無因次化相對波能比與入射波浪尖銳度關係圖，其中圖(a)為結構物交角 $\beta=112.5^\circ$ 時試驗結果，當波浪入射角度 $\theta = 0^\circ$ ，波浪尖銳度 H_o/L_o 為 0.006 時，其相對波能比高達 6 倍，惟當尖銳度比值達 0.02 時，其相對波能比值則遞減為 3 倍，且試驗結果顯示其相對波能比亦隨相對水深 d/L 比值之減小而遞減，惟當相對水深比值小於 0.2 以下以及尖銳度 H_o/L_o 比值大於 0.02 時，其相對波能比則趨於定值約為 1.3，如圖(a)中符號 "●" 所示者；波浪入射角度 $\theta=18.75^\circ$ 斜向入射時，試驗結果顯示在相對水深比值 $d/L=0.2488$ ，波浪尖銳度比為 0.006 時其相對波能比亦達 3.5 倍，惟隨尖銳度比值之增加呈遞減趨勢，在尖銳度比值為 0.02 時有最小值約等於 1，爾後隨尖銳度之增加而稍微遞增然變化不明顯，尤有甚者當相對水深變淺，試驗結果顯示，其相對波能反有增加趨勢，此現象與波浪入射方向 $\theta = 0^\circ$ 時之結果恰好相反，如圖中符號 " Δ " 所示者；當波浪入射角度 $\theta=37.5^\circ$ 時，除尖銳度較小 H_o/L_o 為 0.006 時，其相對波能比為 2.5 倍外，試驗結果顯示在各種不同相對水深以及入射波浪尖銳度，其相對波能比值均接

顯著差異，惟隨入射波浪尖銳度比值之增加，其相對波能比有逐漸減小趨勢；而當相對水深比值 $d/L=0.1656$ 較小時，試驗結果顯示，其波能集中效果與結構物交角角度以及波浪尖銳度變化並無明顯差異。

圖(b) 為 $\theta/\beta=1/6$ 即波浪入射角度 θ 為結構物交角角度 β 之六分之一時試驗結果，在相對水深比值為 0.2488 而波浪尖銳度值為 0.006 ，以結構物交角 β 值為 135° 時，波能集中效應最為顯著，其次分別為 157.5° 以及 112.5° 且隨著入射波浪尖銳度之增加，相對波能比值趨小，惟結構物交角之變化當波浪尖銳度增加時，其波能集中效應已無顯著差異。而當波浪尖銳度比值大於 0.0125 ，以波浪在相對水深 d/L 為 0.1656 時，相對波能比值較大，此意謂長週期波能在結構物交角附近處其波能量累積效應要較短週期波者為大。

圖(c) 為 $\theta/\beta=1/3$ 即波浪入射角度 θ 為結構物交角角度 β 三分之一時試驗結果，在各種不同相對水深均以結構物交角 β 為 157.5° 時，波能集中效應較為顯著。試驗結果顯示結構物交角處附近，其相對波能集中效應分別與其交角角度 β 以及入射波向角度 θ 兩者有關，即結構物交角角度 β 值較小者以入射波向 θ 值小者，其相對波能集中效應較為顯著，而隨著結構物交角 β 值之增加則以入射波向角 θ 值較大者，其相對波能集中效應較為明顯。

表 C-3 PART C 試驗資料分析表

結構物 交角	入射 角度	週期 (sec)	波高 (cm)	L _o	d/L _o	d/L	H/H _o '	H _o '	H _o '/L _o	E/E _i
112.5°	0°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	6.20
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	3.00
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	2.15
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	2.27
			5.73	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	1.28
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	1.30
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	1.30
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0196	1.28
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	1.33
	18.75°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	3.54
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	1.07
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	1.36
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	1.66
			5.73	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	1.68
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	1.88
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	2.51
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0196	2.17
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	2.23
	37.5°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	2.51
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	0.91
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	1.20
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	1.08
			5.73	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	1.01
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	0.84
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	1.14
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0169	1.11
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	1.07

表 C-3(續) PART C 試驗資料分析表

結構物 父角	入射 角度	週期 (sec)	波高 (cm)	L。	d/L。	d/L	H/H。	H。	H。'/L。	E/E。
135°	0°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	2.10
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	1.28
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	2.08
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	2.04
			5.73	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	2.10
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	1.71
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	1.73
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0196	1.71
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	1.57
	22.5°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	5.51
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	1.94
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	1.38
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	1.85
			5.74	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	1.04
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	1.33
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	4.04
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0196	1.98
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	1.86
	45°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	2.25
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	0.64
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	1.08
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	1.31
			5.73	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	0.99
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	1.11
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	1.10
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0196	1.19
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	1.23

表 C-3(續) PART C 試驗資料分析表

結構物 交角	入射 角度	週期 (sec)	波高 (cm)	L _o	d/L _o	d/L	H/H _o '	H _o '	H _o '/L _o	E/E _i
175.5°	0°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	2.44
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	1.02
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	1.60
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	1.53
			5.73	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	1.41
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	1.23
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	1.40
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0196	1.40
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	1.31
	26.25°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	4.45
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	1.20
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	1.50
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	1.20
			5.73	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	1.01
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	1.10
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	1.75
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0196	1.59
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	1.41
	52.5°	1.2	1.26	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	1.36	0.0061	4.04
			4.06	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	4.39	0.0195	1.75
			5.58	224.64	0.2226	0.2488	0.9254	6.03	0.0268	1.90
		1.4	3.64	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	3.99	0.0130	1.98
			5.73	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	6.27	0.0205	1.79
			7.51	305.76	0.1635	0.1981	0.9133	8.22	0.0269	1.77
		1.6	4.61	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	5.03	0.0126	2.17
			6.09	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	6.64	0.0196	2.25
			7.60	399.36	0.1252	0.1656	0.9172	8.29	0.0244	2.49

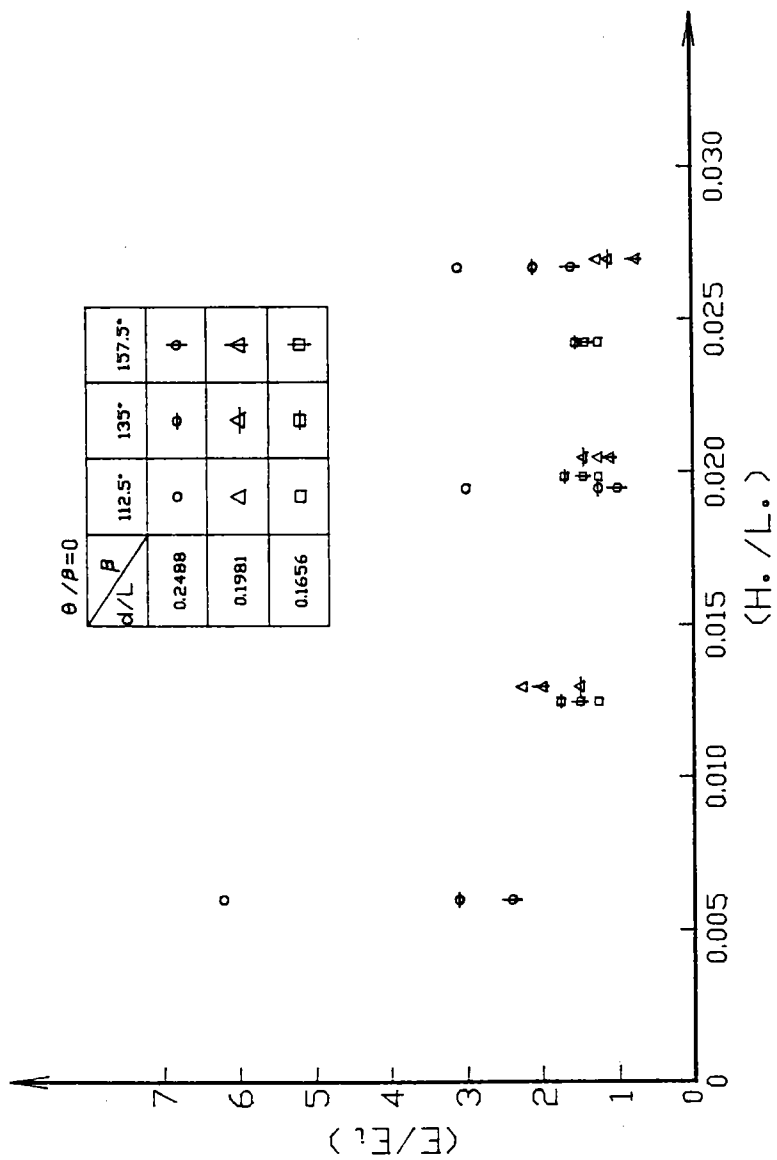


圖 C-4(a) 不同入射波向相對波能比與波浪尖銳度關係圖 ($\theta/\beta=0$)

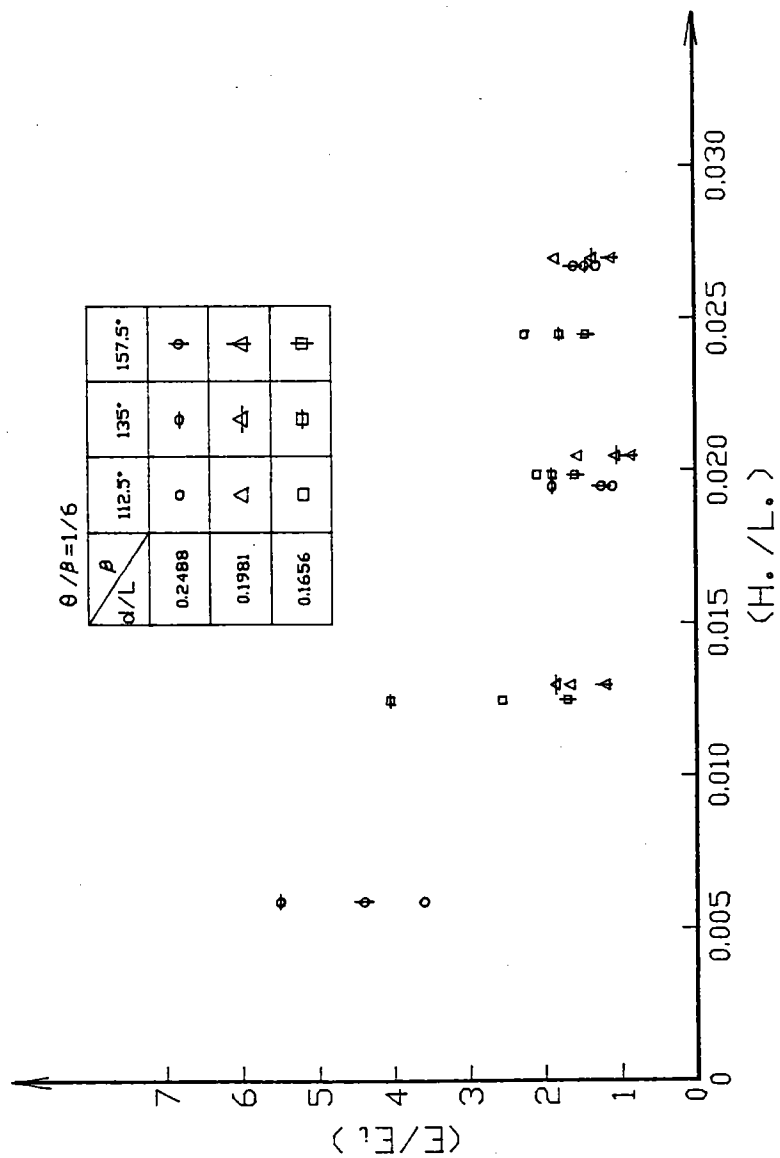


圖 C-4(b) 不同入射波向相對波能比與波浪尖銳度關係圖 ($\theta / \beta = 1/6$)

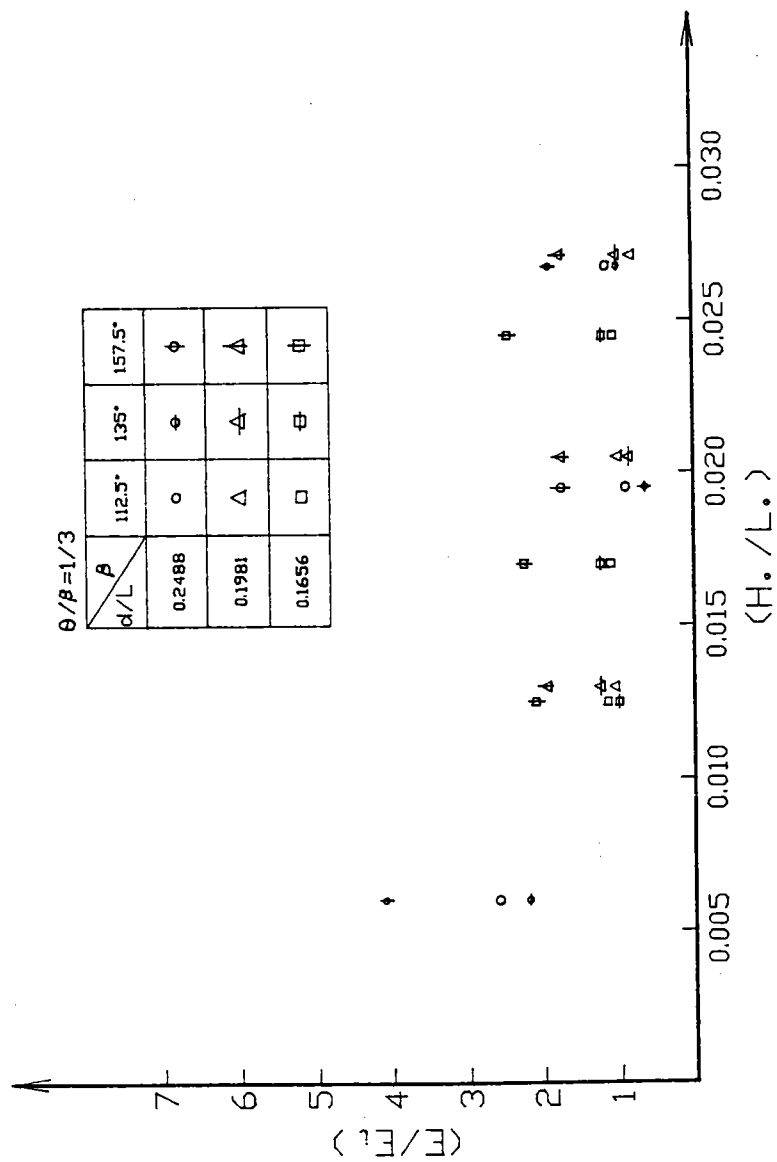


圖 C-4(c) 不同入射波向相對波能比與波浪尖銳度關係圖 ($\theta/\beta = 1/3$)

參. 結論及建議

綜合本次海岸結構物交角效應之試驗研究，可獲致以下數點結論及建議分別敘述如下：

- 一. 針對台中港北防波堤擬延伸擴建 850公尺後以及花蓮港舊東堤海側等兩種海岸結構物交角型式，試驗結果顯示，波能集中效應以波浪入射角度 θ 為 52.5° 時，亦即在台中港區對 WSW 方向波浪入侵時，最經常也最容易分別影響及造成台中港港內水域之穩靜與花蓮港舊東堤交角處堤基之破壞，建議爾後未來防波堤在規劃與設計時，其延伸段防波堤方向應避免與該區最經常發生波浪或最大波浪之方向成該種設計角度。
- 二. 針對台中港北防波堤延伸段以及花蓮港舊東堤交角處因導浪所產生波能集中現象，根據本研究試驗結果顯示，就整體消波效果言以佈置 D 效果最佳，即在延伸段採用直立壁沈箱外側加消波塊斷面效果最佳，佈置 B 及佈置 C 即採用開孔胸牆防波堤次之，佈置 A 採直立堤效果最差，惟佈置 D 拋放消波塊，對台中港而言將影響航道安全，建議採用佈置 B 即採用開孔式沈箱內置消波塊佈置；至於花蓮港舊東堤因已興建完成，故建議可沿舊東堤西側拋消波塊，俾減小其波能集中效應以維結構物交角處堤基之安全，至於未來花港局舊東堤延伸擴建工程，則可考慮佈置 B 之斷面，採用洞孔式胸牆內加消波塊。惟本次試驗結果顯示，此種消波設施僅對短週期波浪較有效，長週期波浪因不易減衰，消波效能較不理想。

三．結構物不同交角波能集中效應試驗結果顯示，其相對波能比 (E/E_i)

)即波能集中效應參數指標分別與結構物交角 β 值、入射波浪方向 θ 值、相對水深比以及波浪尖銳度比值之大小有關；對週期短、波高小之波浪亦即相對水深比值較大，波浪尖銳度比值較小者，其波能集中效應參數指標 (E/E_i) 值隨結構物交角 β 值之增加而減小且波浪入射波向即 θ 值之變化對 (E/E_i) 值亦產生較顯著之差異；惟入射波向 θ 值對相對波能比 E/E_i 之影響則隨結構物交角 β 值以及波浪尖銳度比值之增加而減小。大體而言，入射波浪之波高週期變化對能量累積效應參數指標 E/E_i 值之影響要較結構物交角及波浪入射波向變化所造成之影響要小的很多，故爾後防波堤規劃設計時，應儘量選擇較大之結構物交角且應避免在交角處讓波浪直接入射，如此將可有效降低結構物交角處能量累積效應。

四．就能量累積觀點言，能量累積效應參數指標 E/E_i 值，理應隨入射波與結構物法線交角的增大，能量應逐漸發散而減小，惟本試驗或許係因受限於試驗水槽邊界太近結構物，致造成能量反射影響，乃有在結構物交角 β 值為 135° ，當入射波向 θ 值為 22.5° 時，其相對波能比反而最大，而結構物交角 β 值為 157.5° ，入射波向卻又在 52.5° 時，其相對波能比值為最大之故。建議爾後類似該種試驗的進行，應選擇在大型的平面水槽中進行，同時縮短波高量測時間，俾使得邊界反射所造成能量累積誤差減至最小。

附

錄

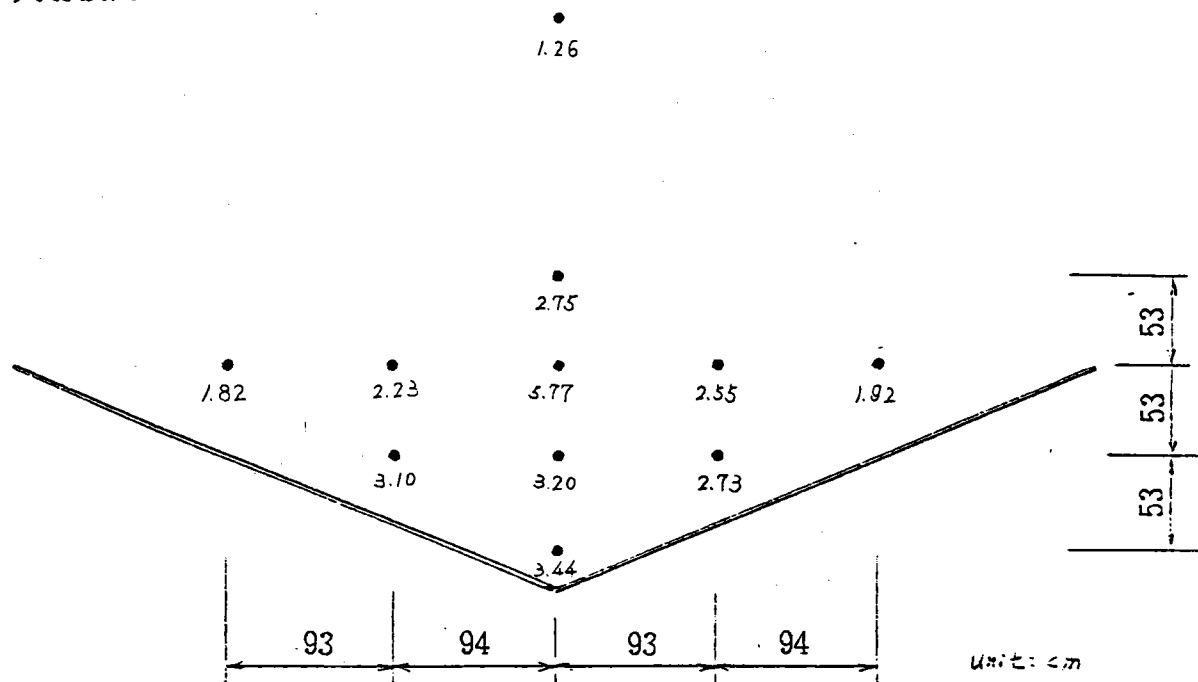
PART C 試驗結果

結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 1.26 cm

入射波向 : 0°

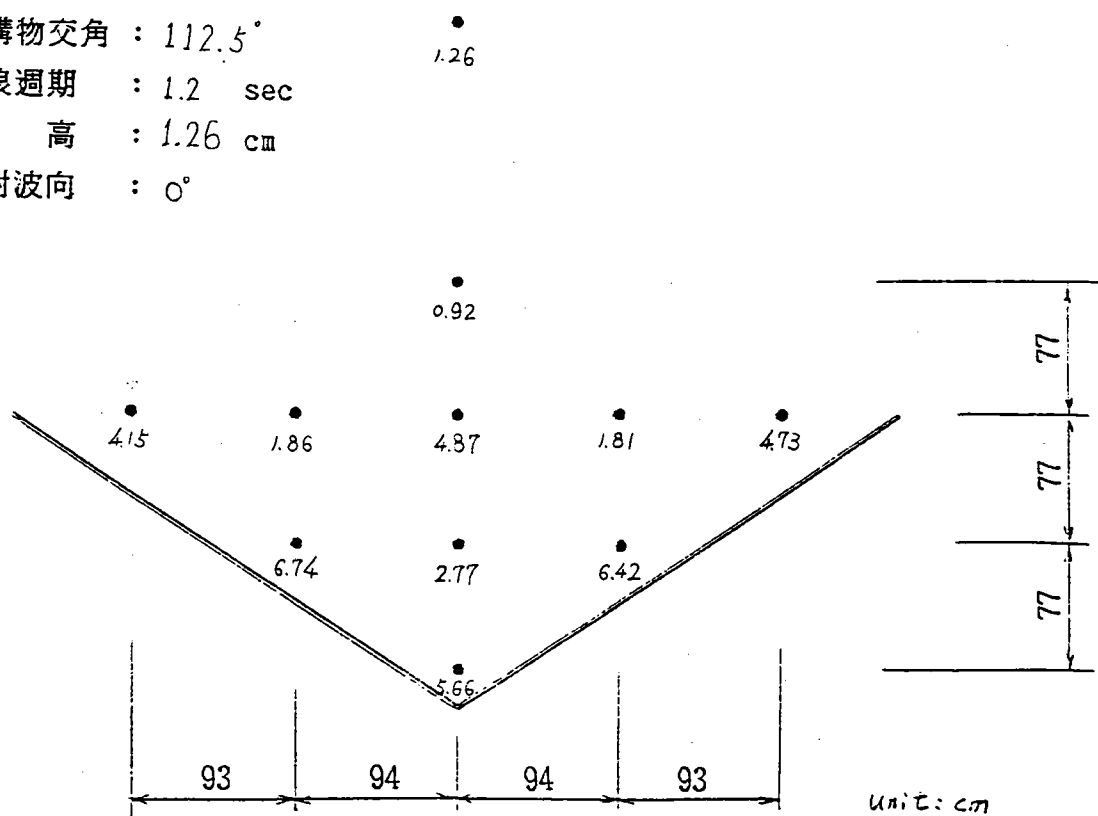


結構物交角 : 112.5°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 1.26 cm

入射波向 : 0°

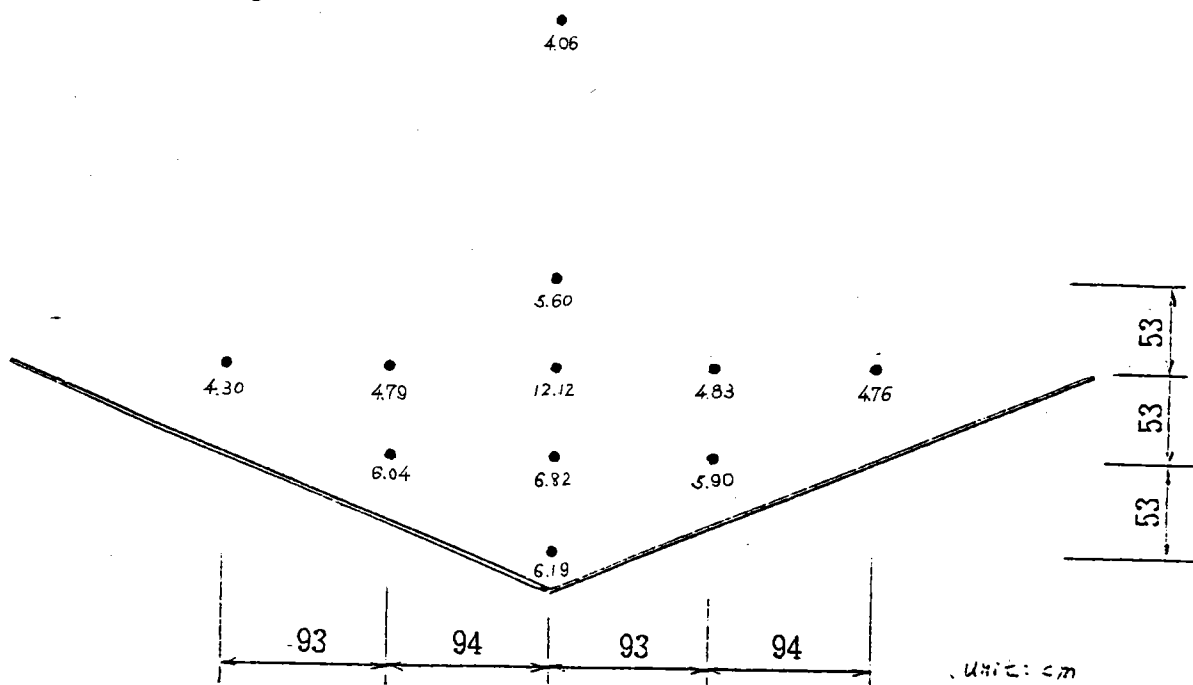


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 4.06 cm

入射波向 : 0°

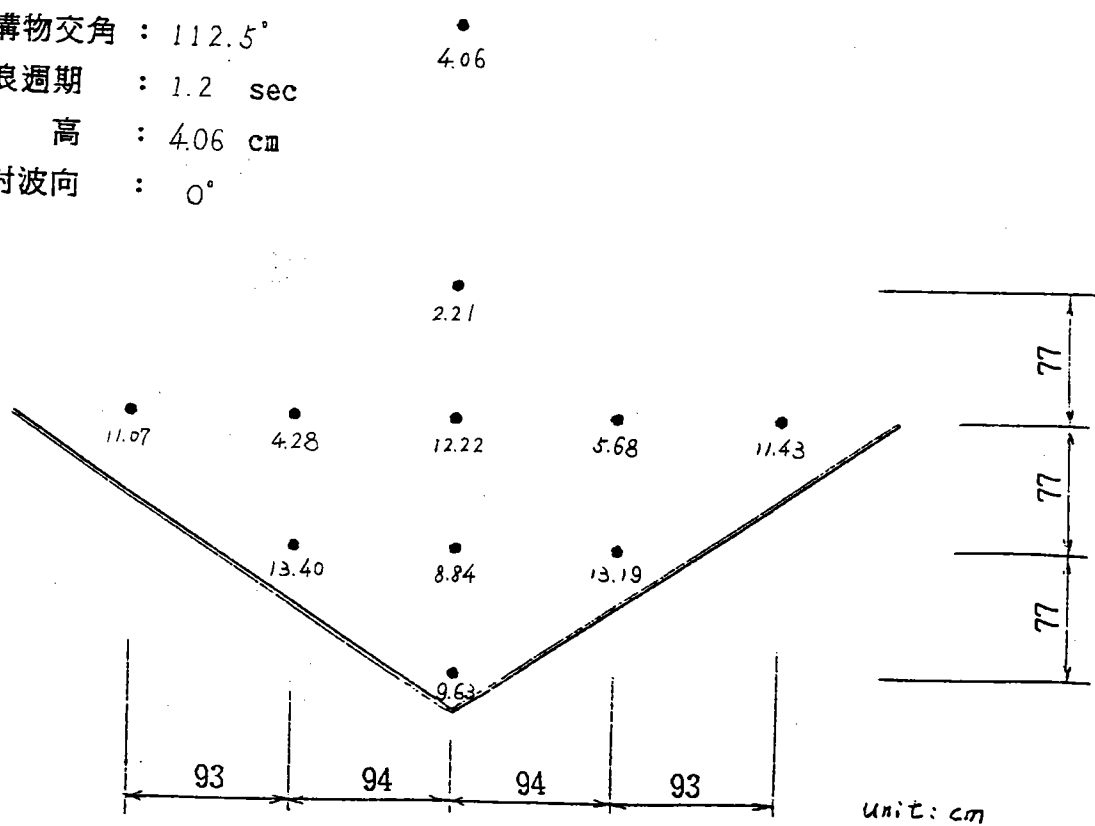


結構物交角 : 112.5°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 4.06 cm

入射波向 : 0°

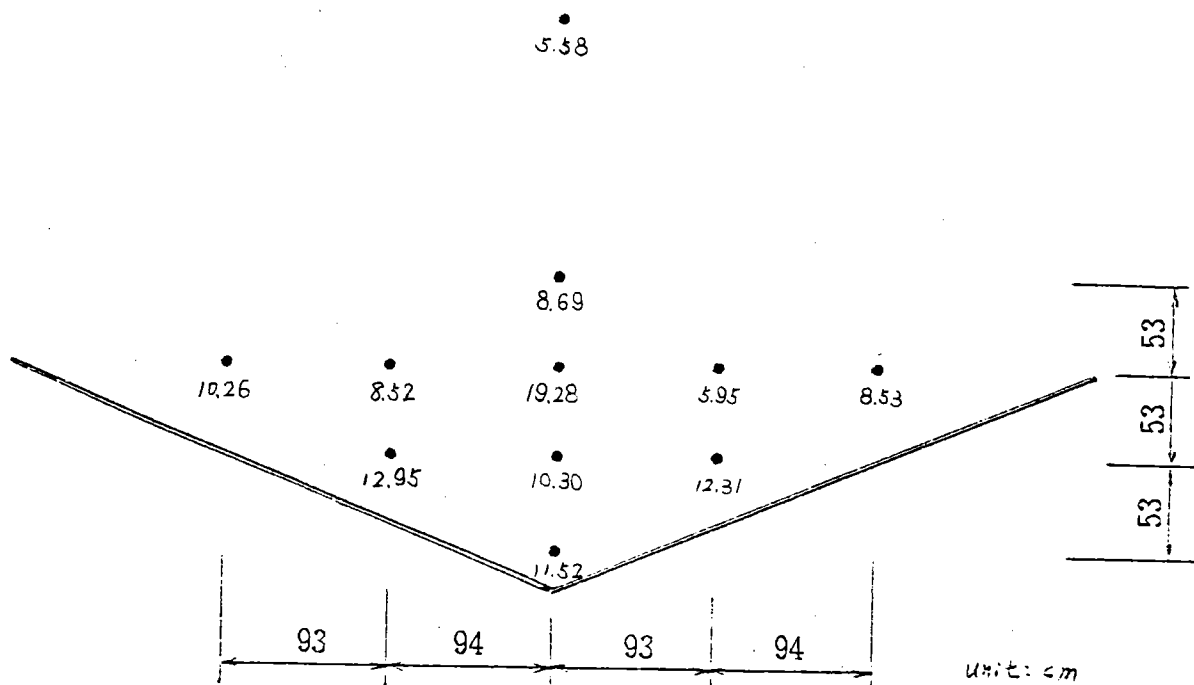


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 5.58 cm

入射波向 : 0°

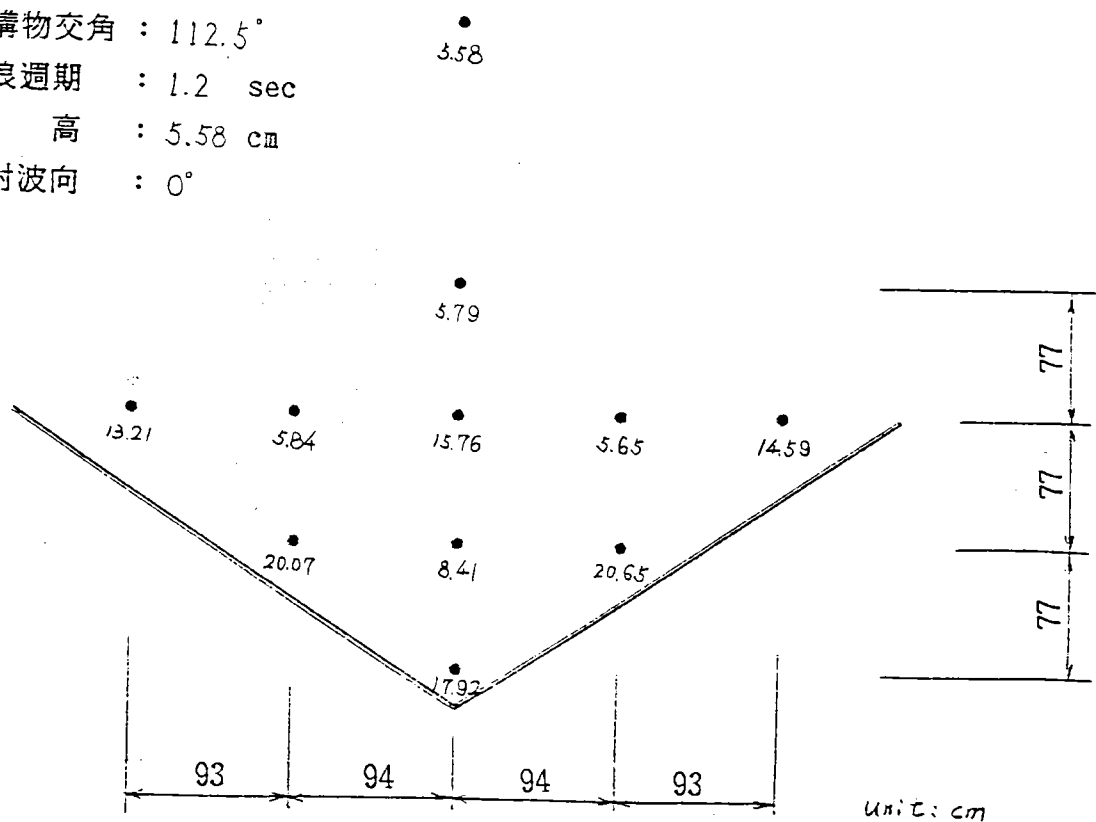


結構物交角 : 112.5°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 5.58 cm

入射波向 : 0°

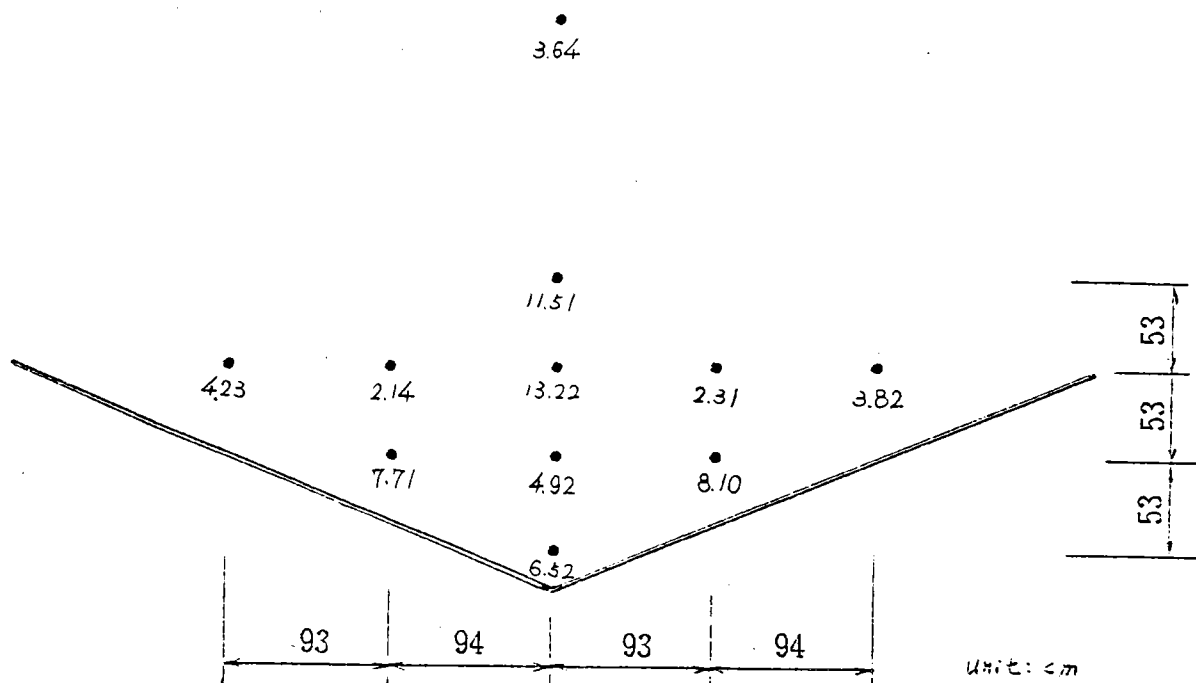


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 3.64 cm

入射波向 : 0°

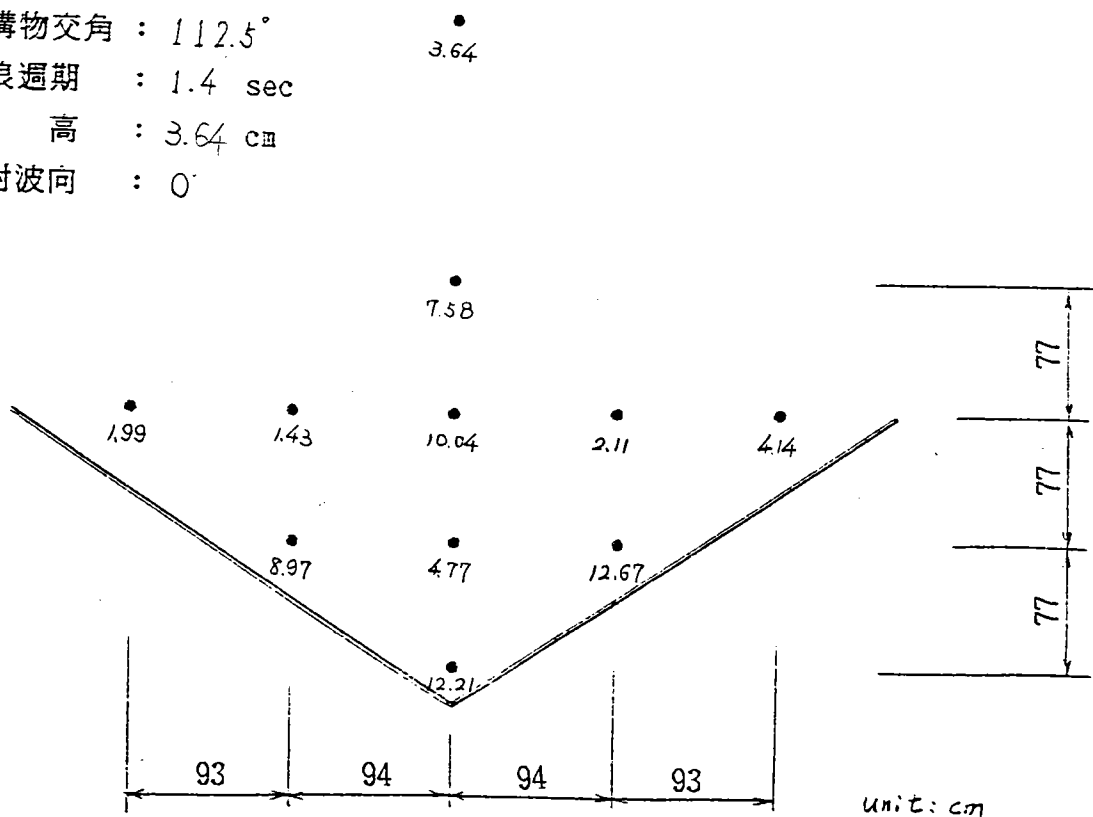


結構物交角 : 112.5°

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 3.64 cm

入射波向 : 0°

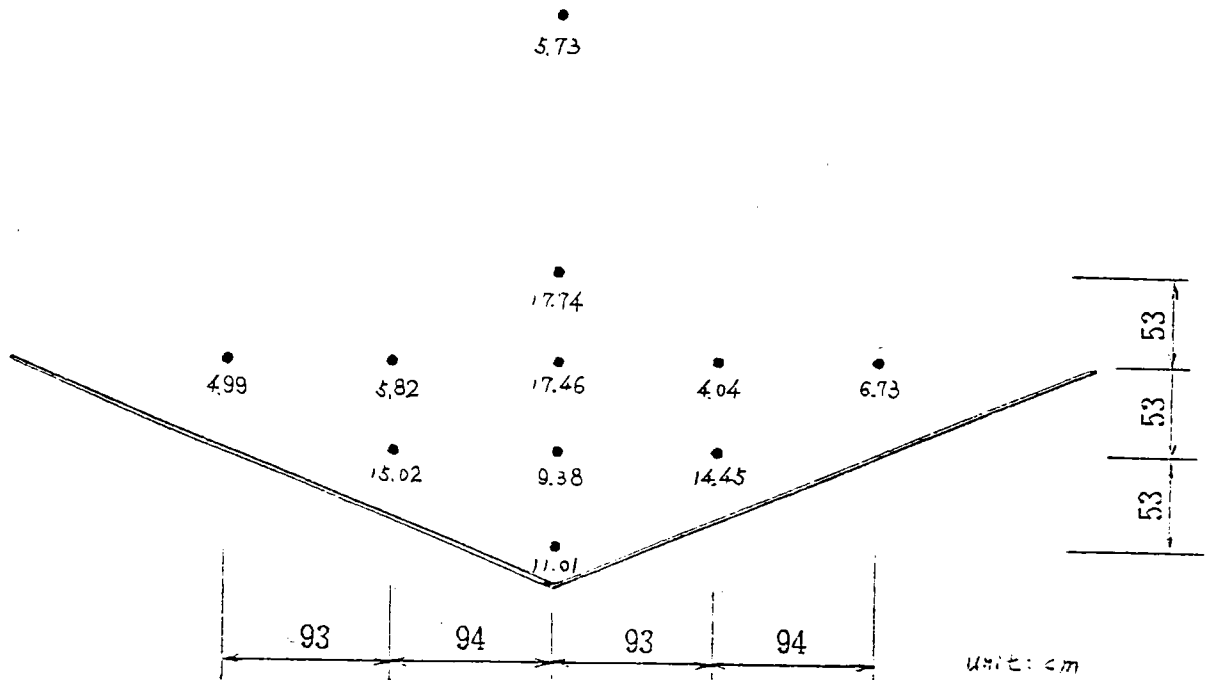


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 5.73 cm

入射波向 : 0°

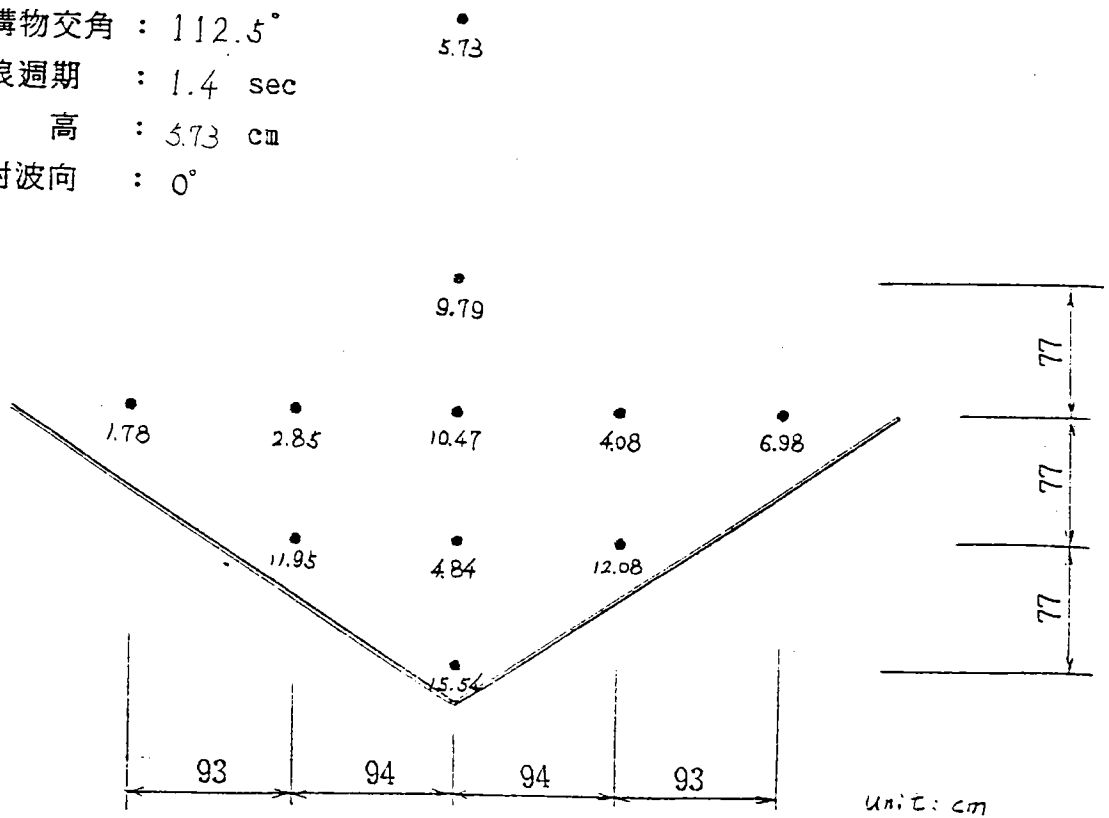


結構物交角 : 112.5°

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 5.73 cm

入射波向 : 0°

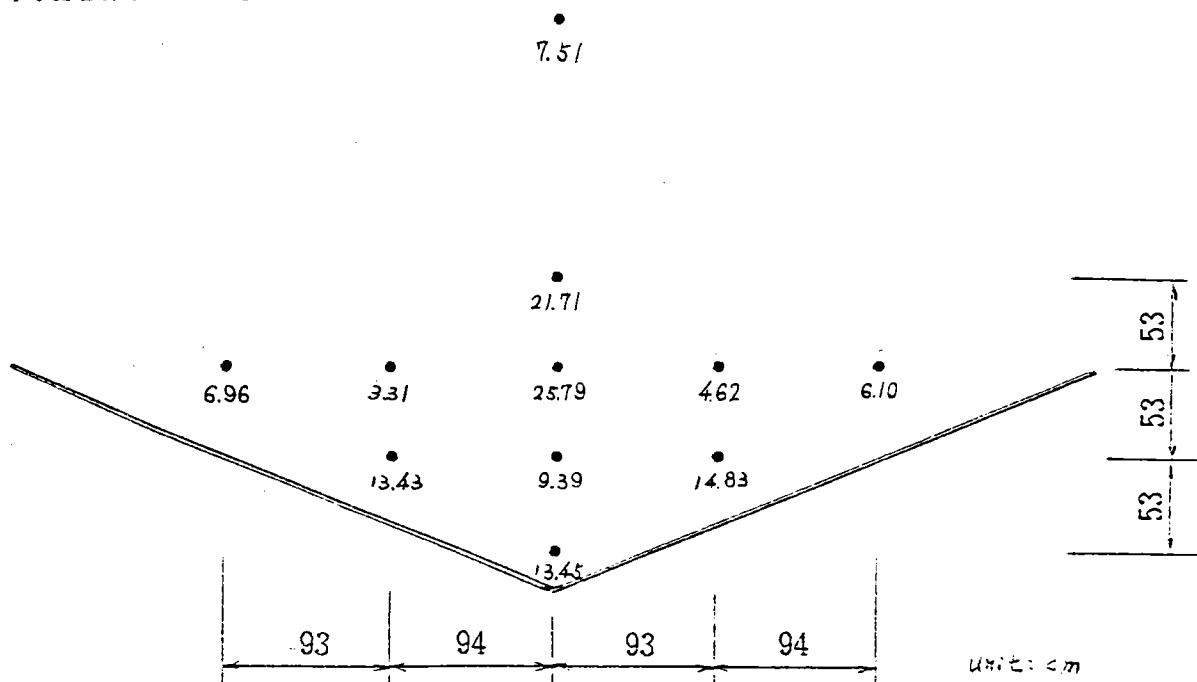


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 7.51 cm

入射波向 : 0°

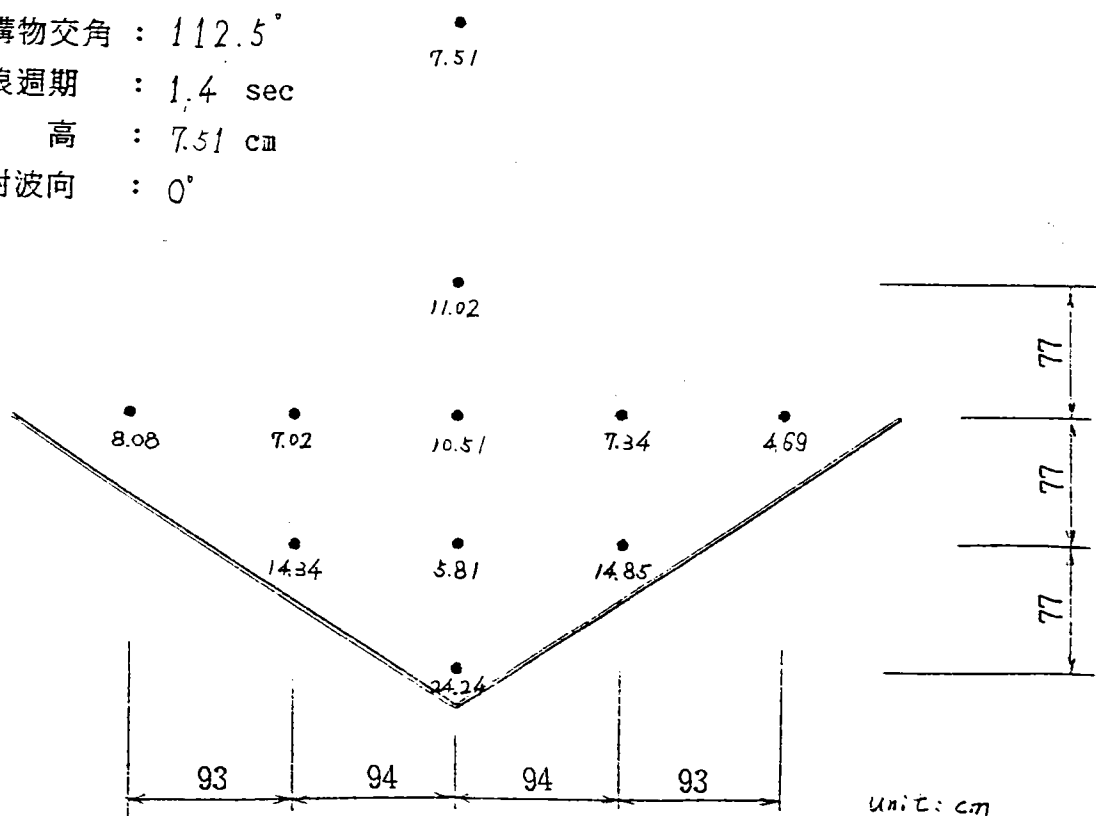


結構物交角 : 112.5°

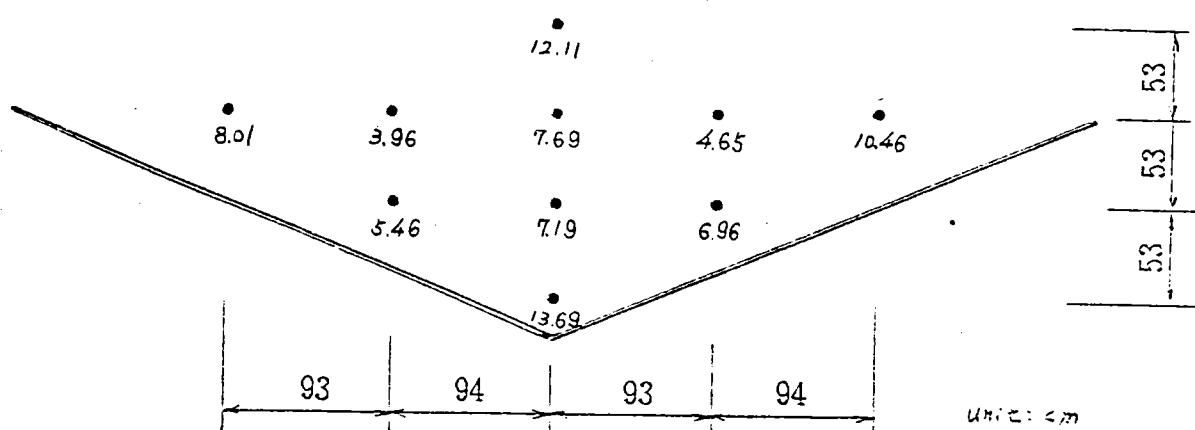
波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 7.51 cm

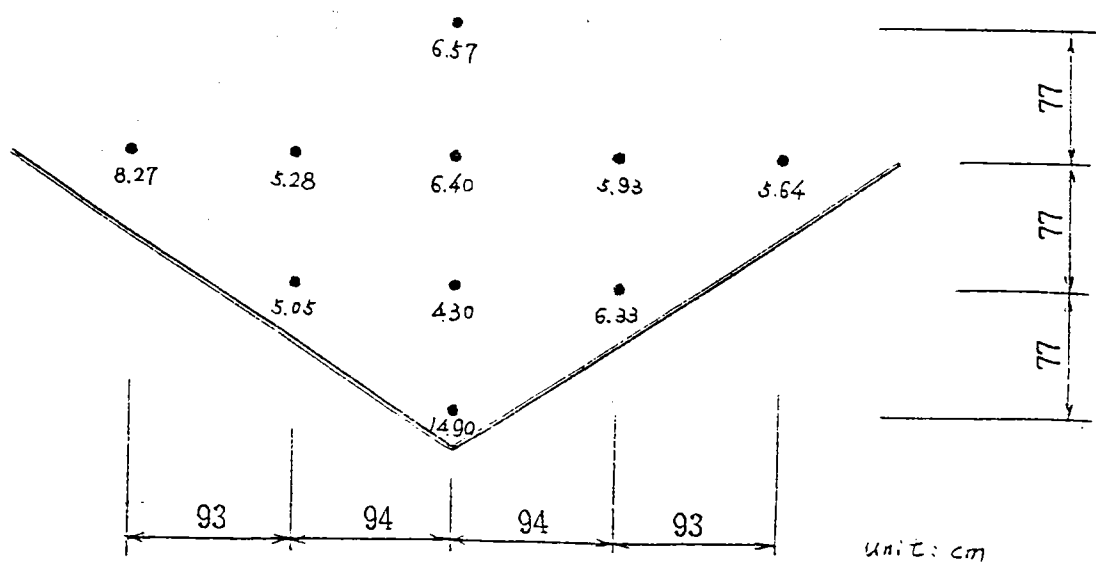
入射波向 : 0°



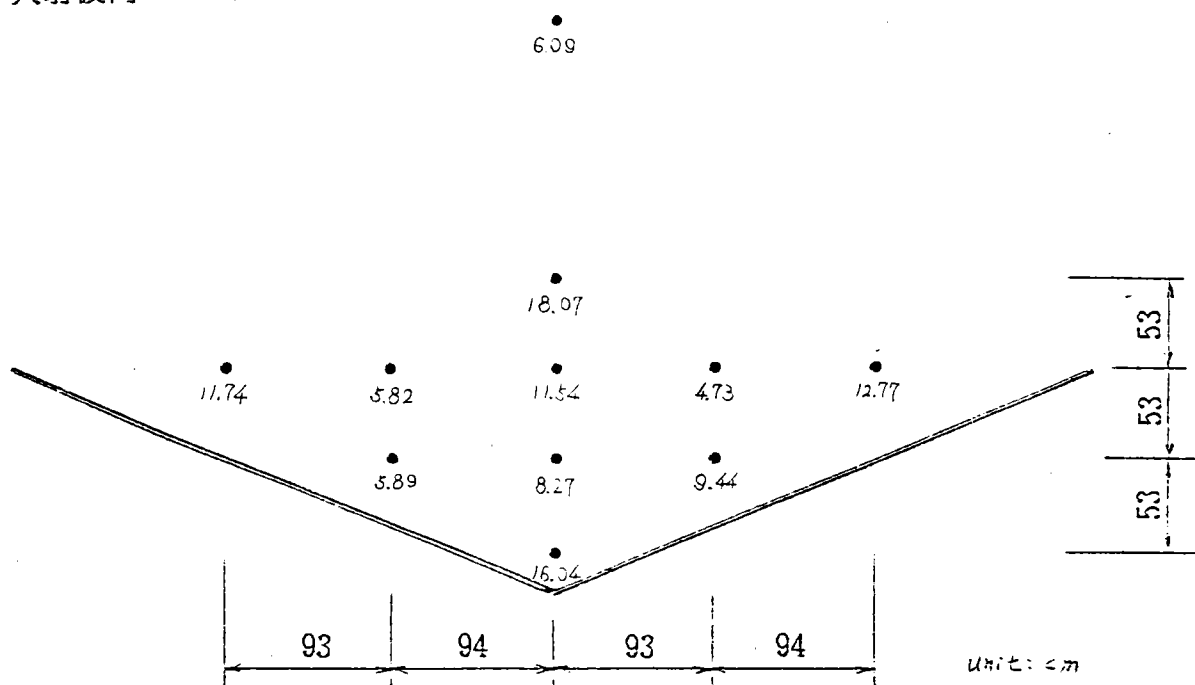
結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 4.61 cm
 入射波向 : 0°



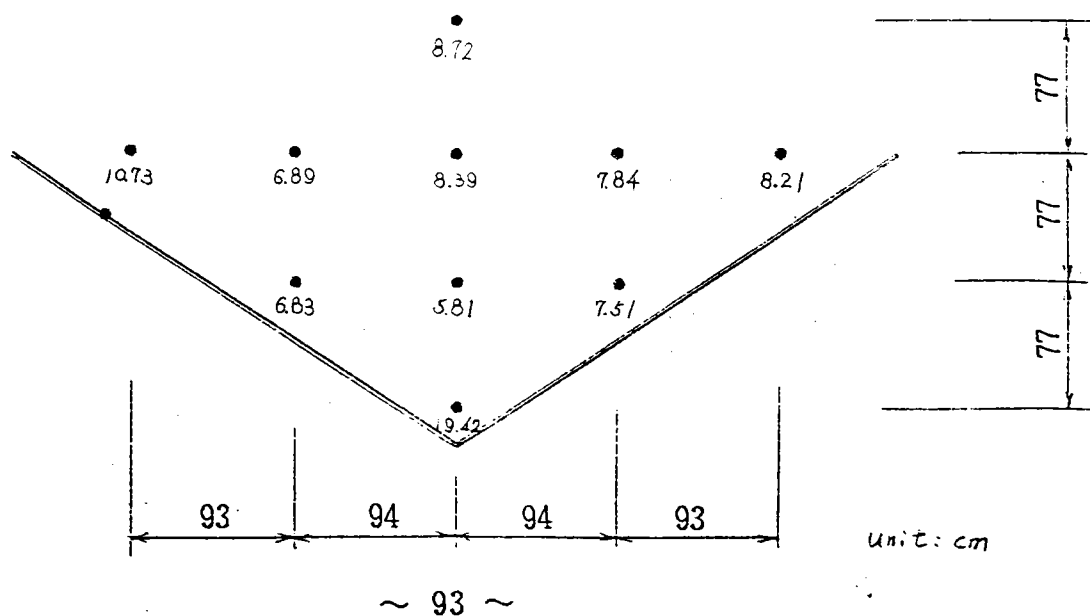
結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 4.61 cm
 入射波向 : 0°



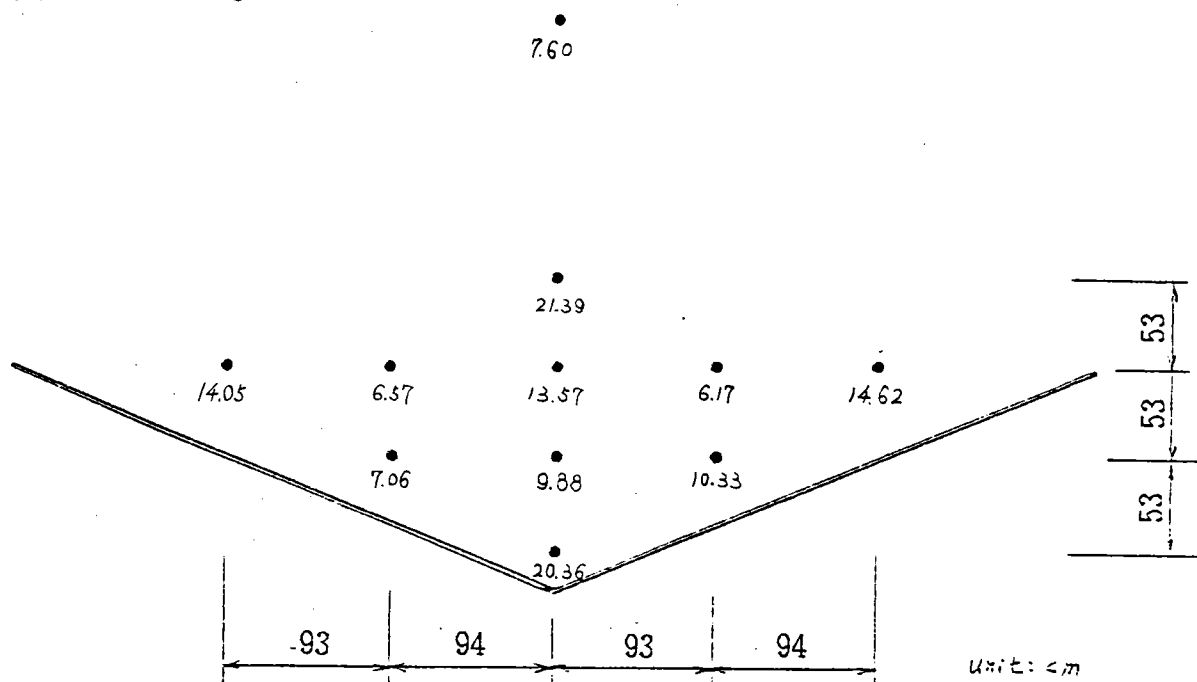
結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 6.09 cm
 入射波向 : 0°



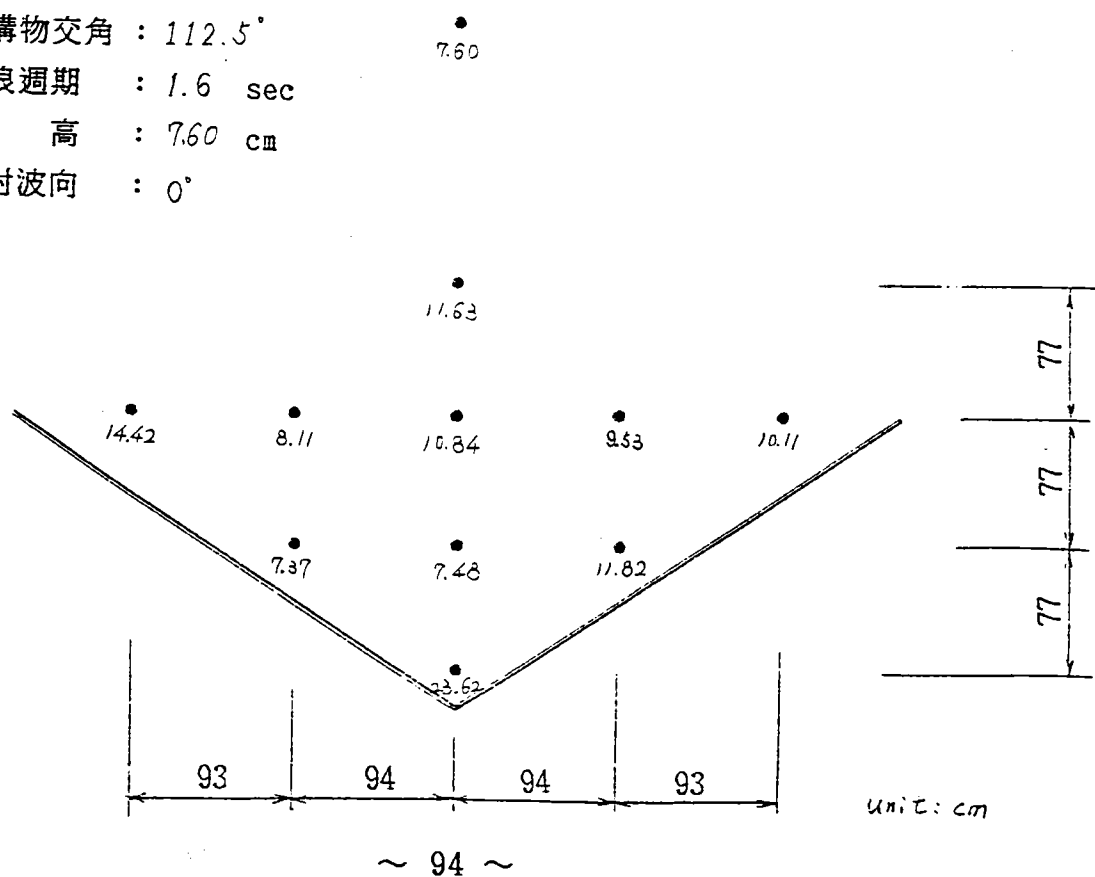
結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 6.09 cm
 入射波向 : 0°



結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 7.60 cm
 入射波向 : 0°



結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 7.60 cm
 入射波向 : 0°

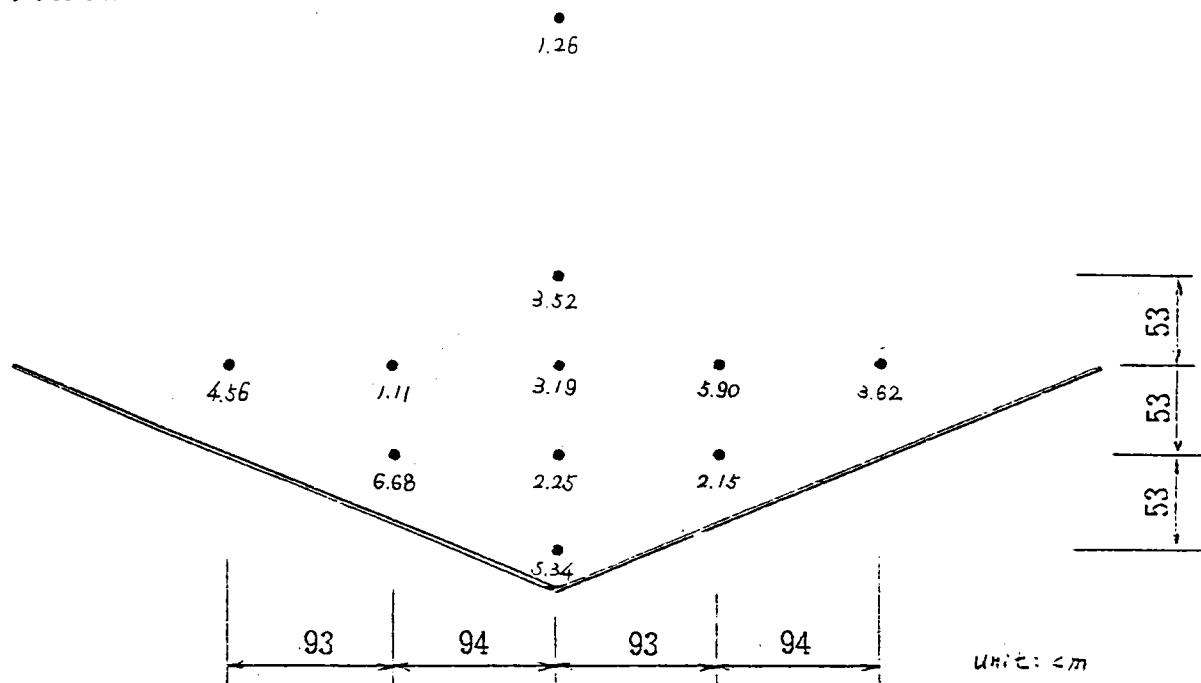


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 1.26 cm

入射波向 : 22.5°

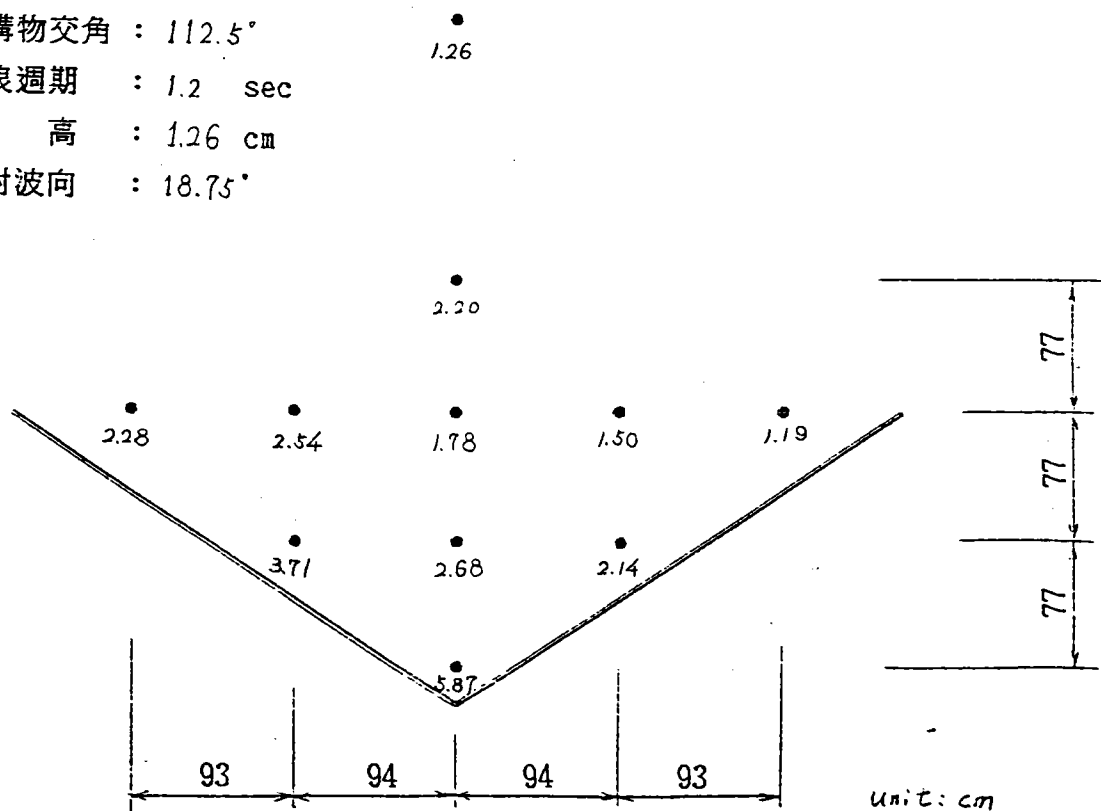


結構物交角 : 112.5°

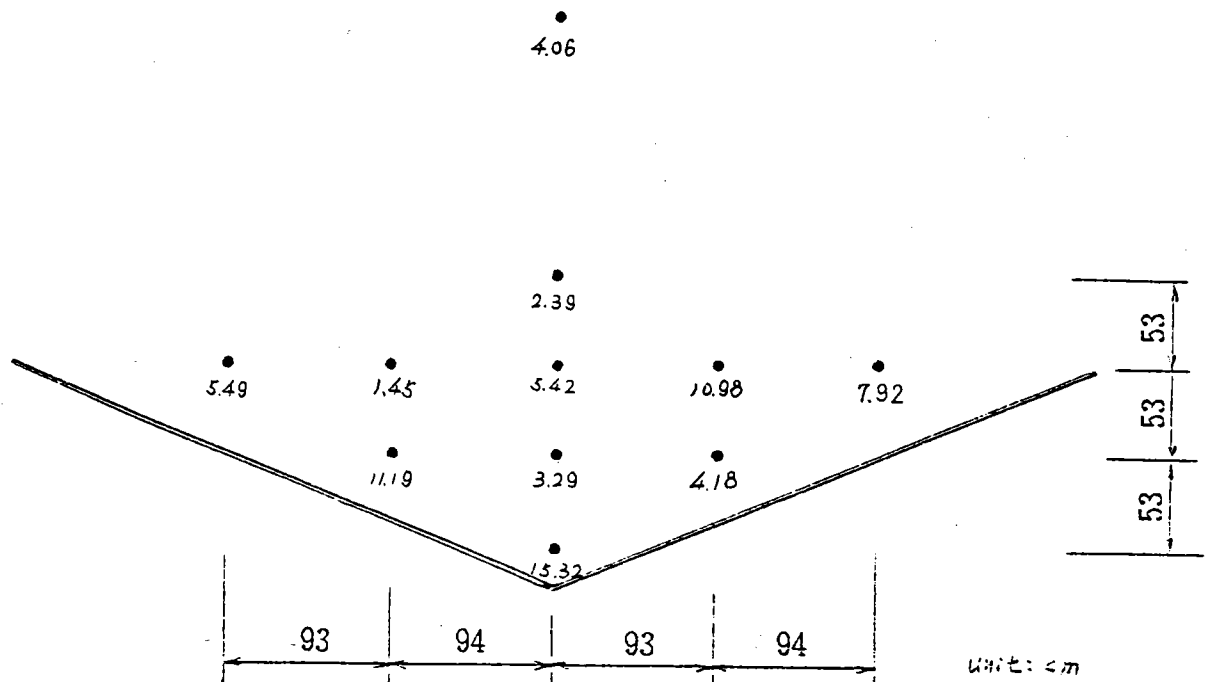
波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 1.26 cm

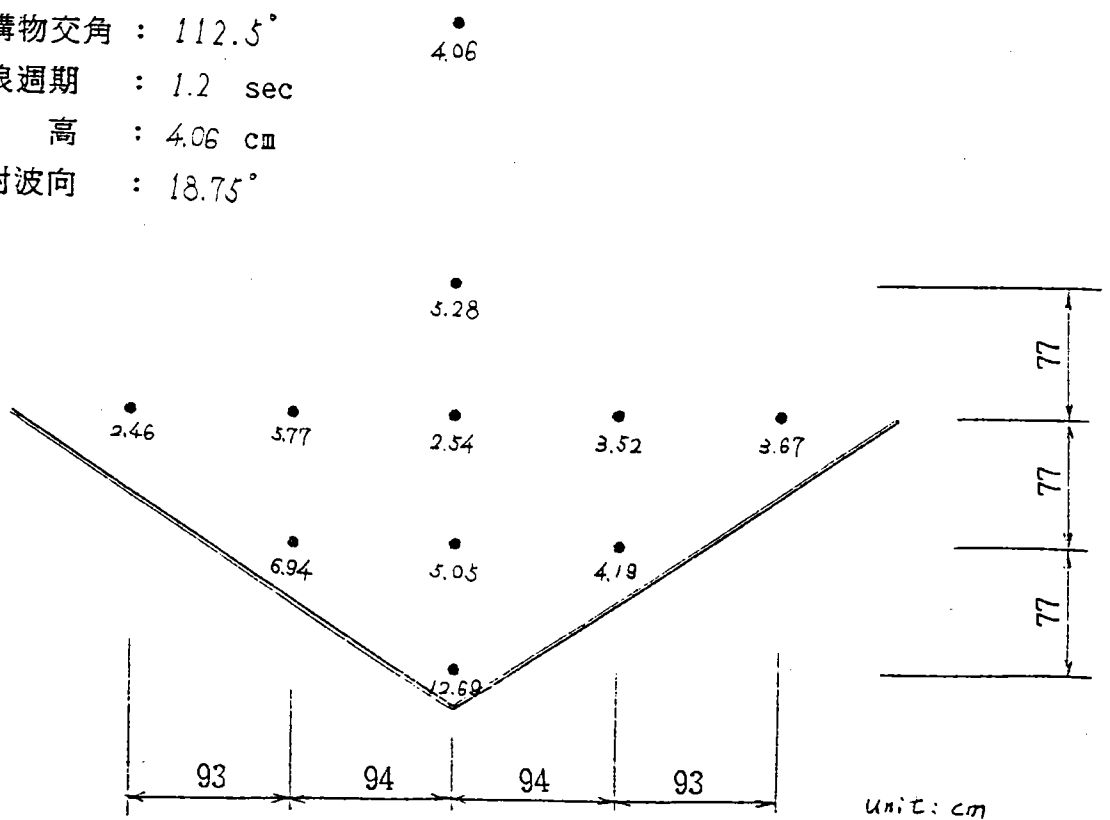
入射波向 : 18.75°



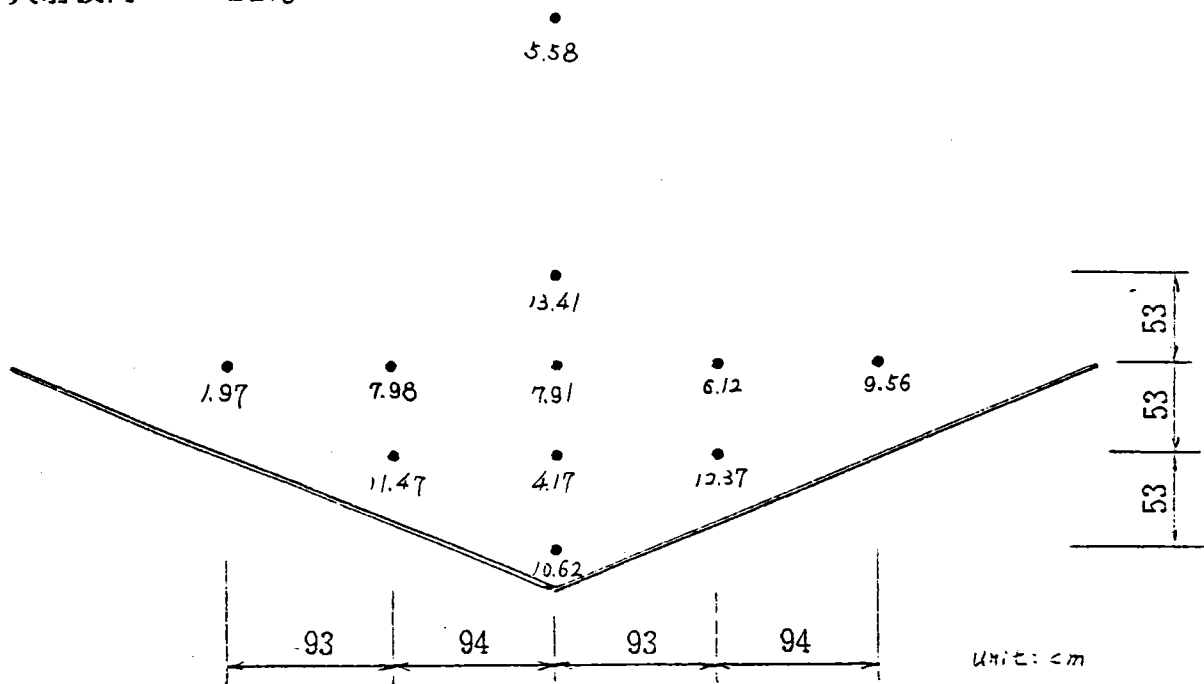
結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.2 sec
 波 高 : 4.06 cm
 入射波向 : 22.5°



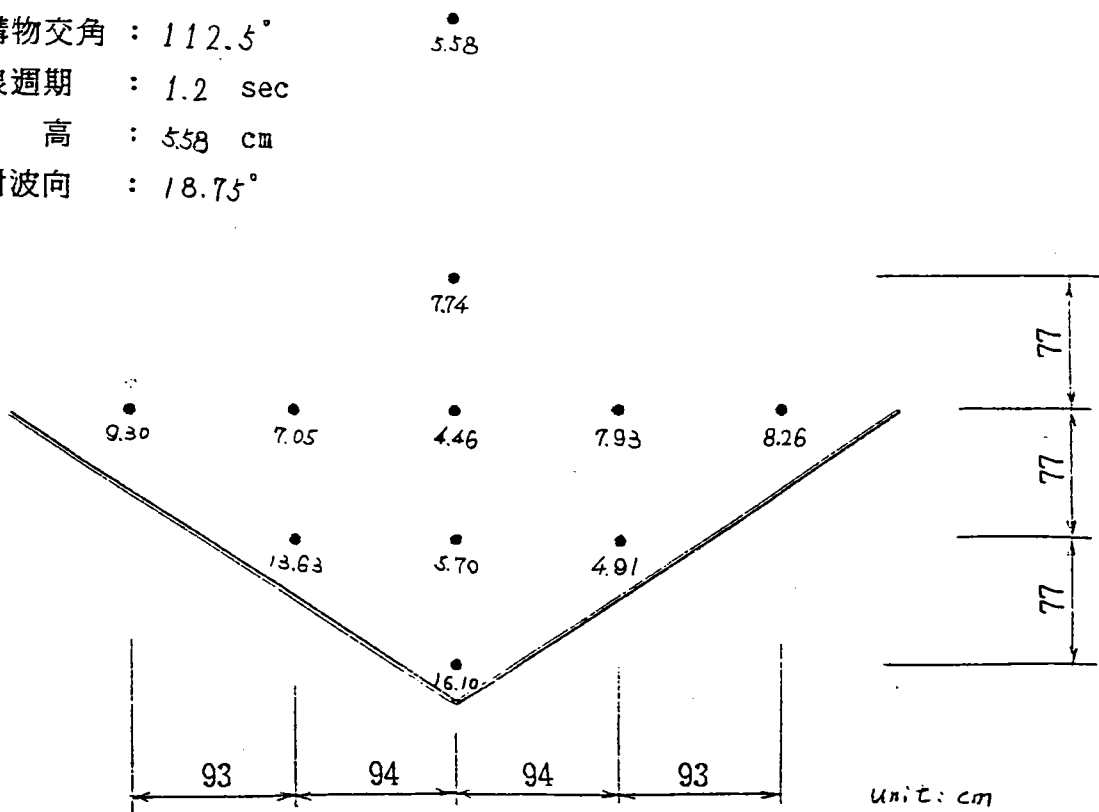
結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.2 sec
 波 高 : 4.06 cm
 入射波向 : 18.75°



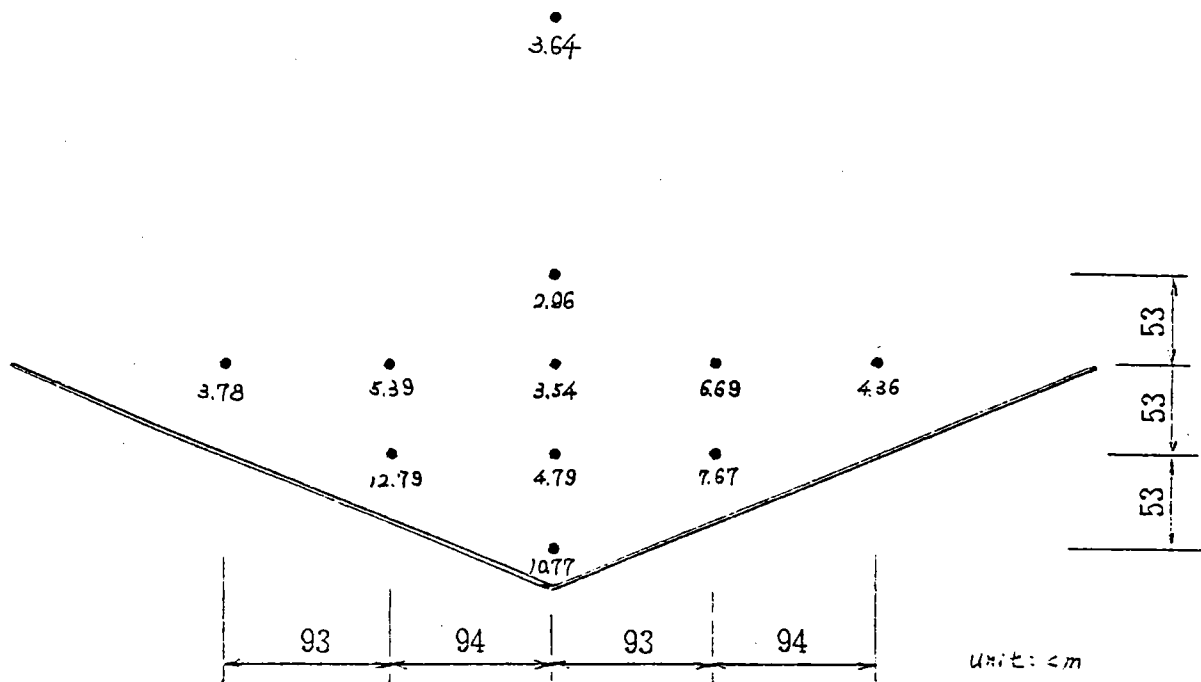
結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.2 sec
 波 高 : 5.58 cm
 入射波向 : 22.5°



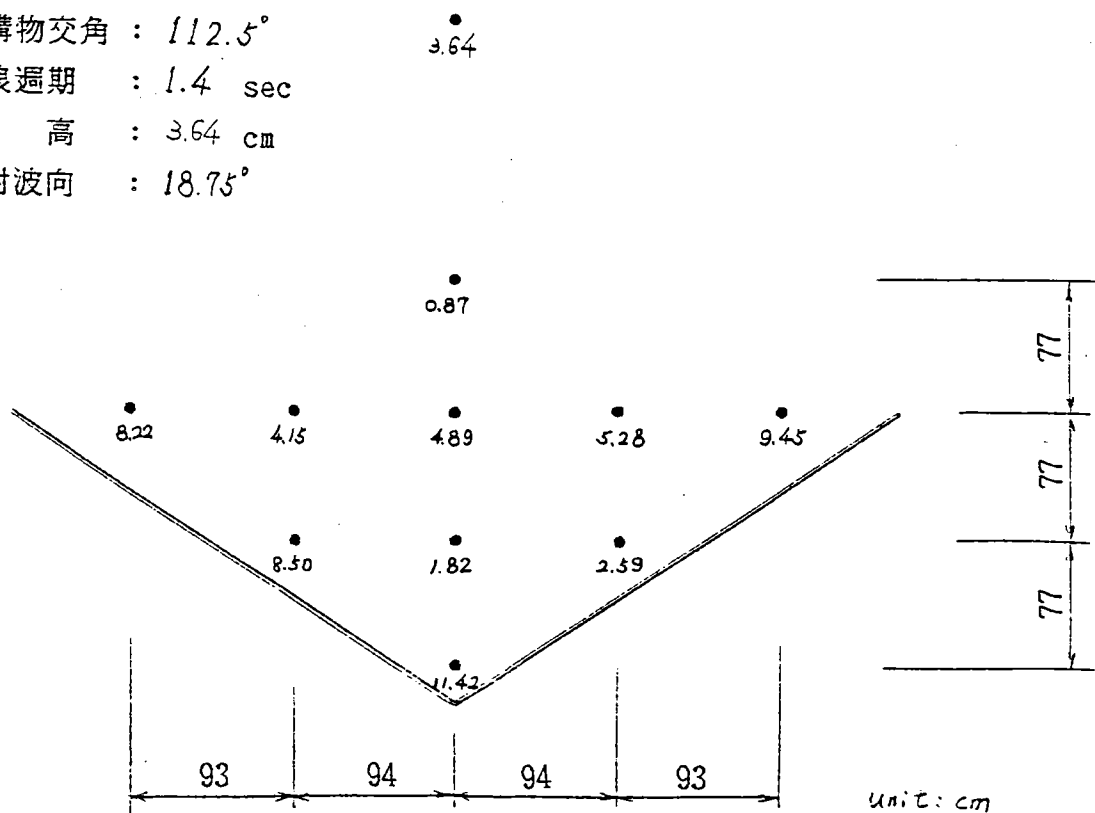
結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.2 sec
 波 高 : 5.58 cm
 入射波向 : 18.75°



結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 3.64 cm
 入射波向 : 22.5°



結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 3.64 cm
 入射波向 : 18.75°

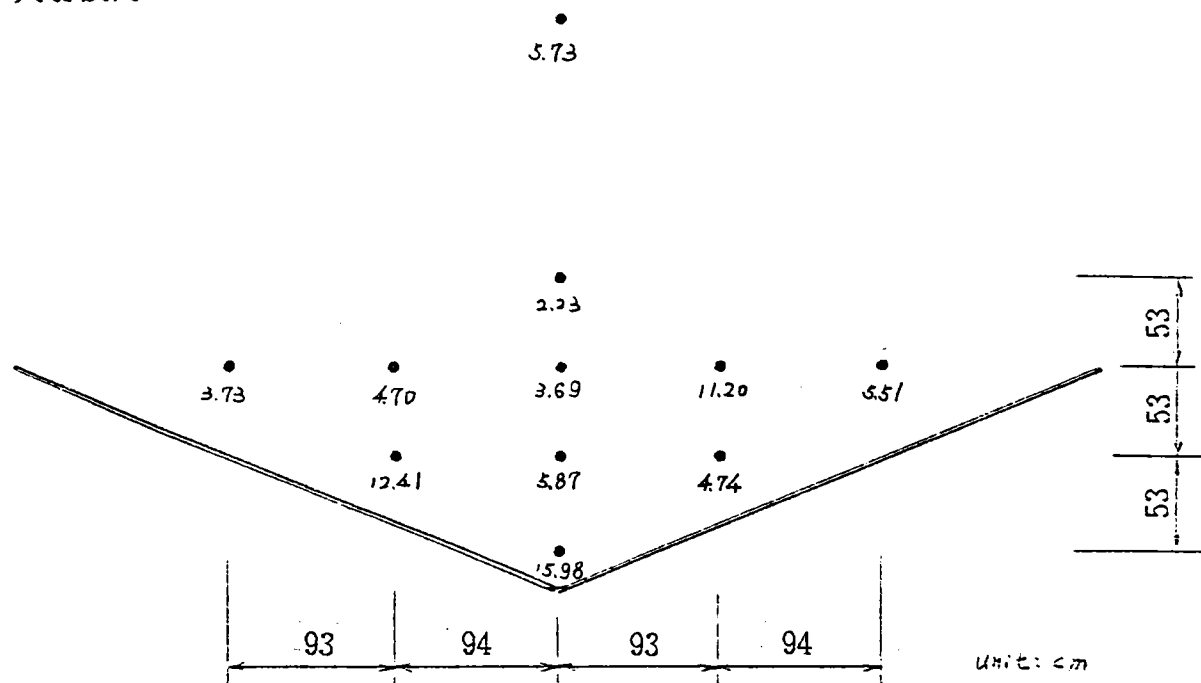


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 5.73 cm

入射波向 : 22.5°

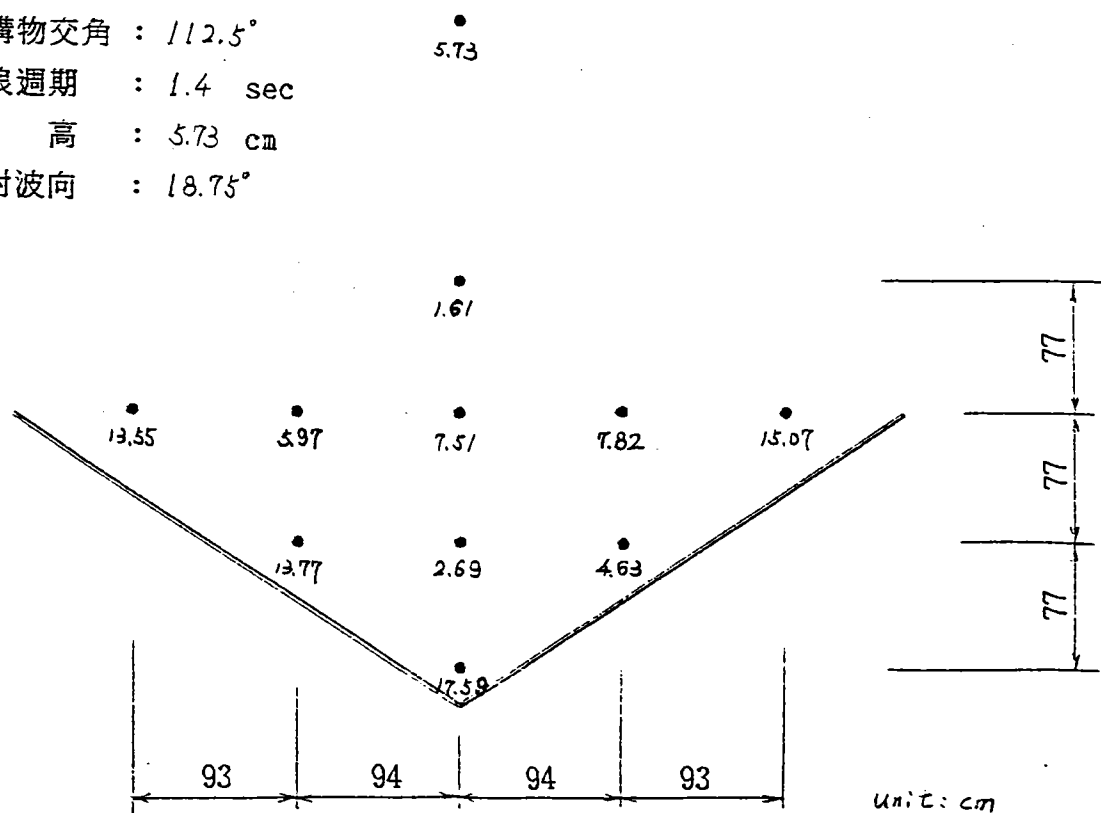


結構物交角 : 112.5°

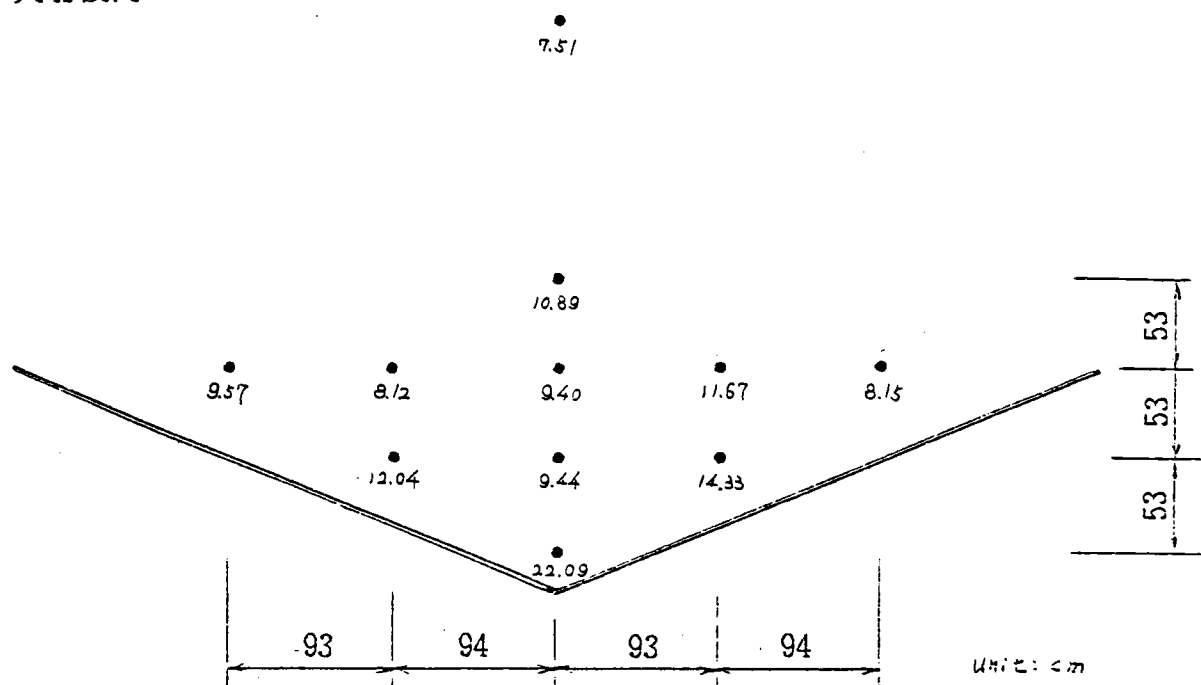
波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 5.73 cm

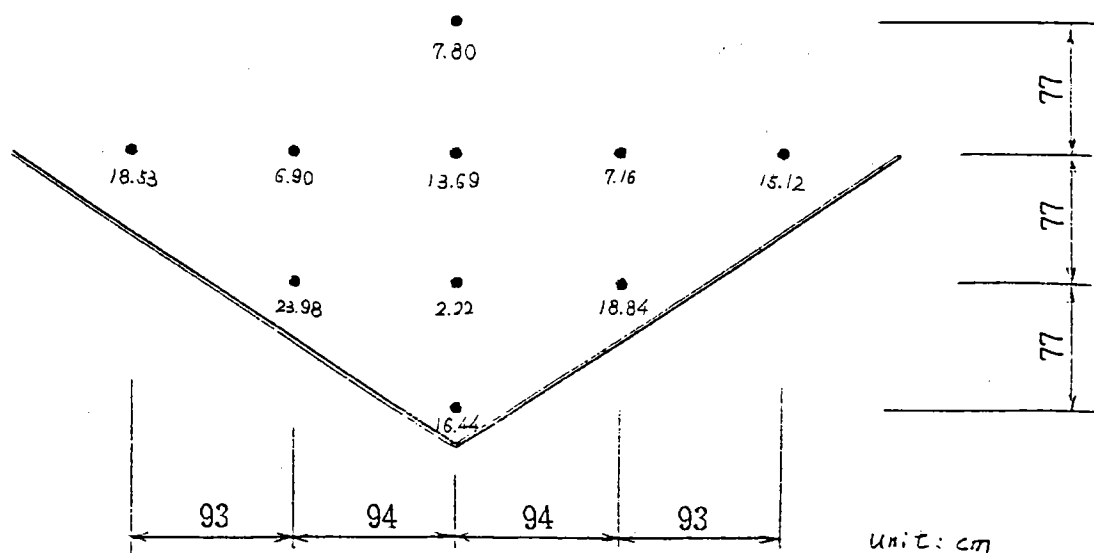
入射波向 : 18.75°



結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 7.51 cm
 入射波向 : 22.5°



結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 7.51 cm
 入射波向 : 18.75°

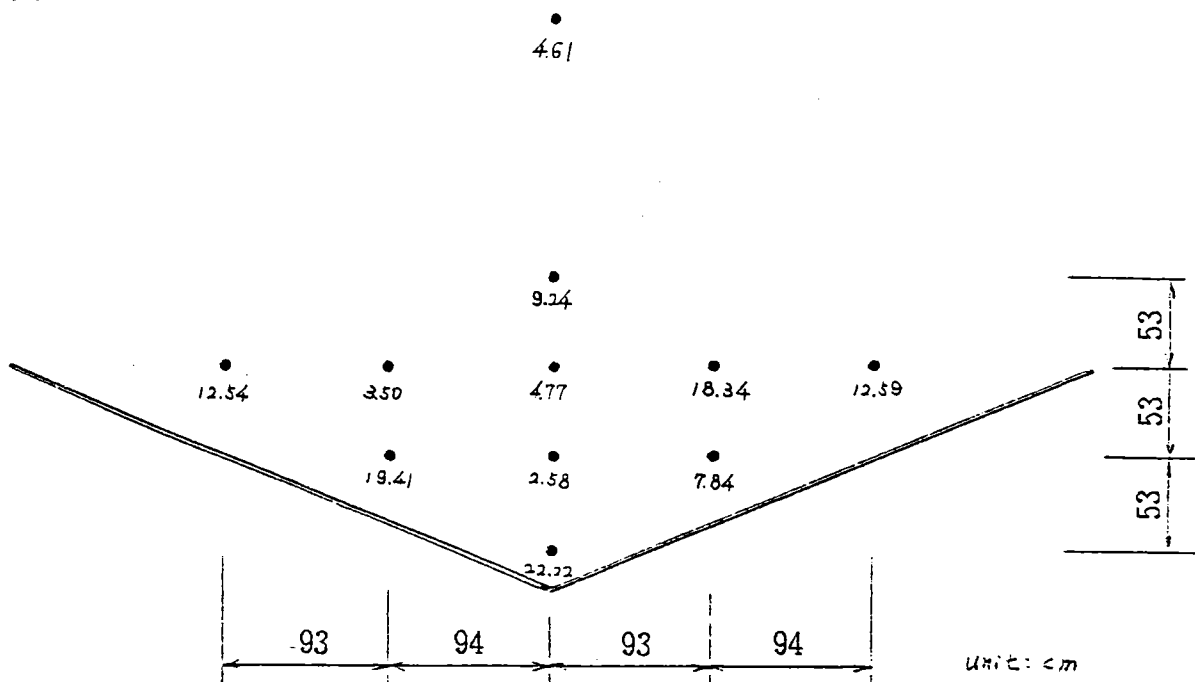


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.6 sec

波 高 : 4.61 cm

入射波向 : 22.5°

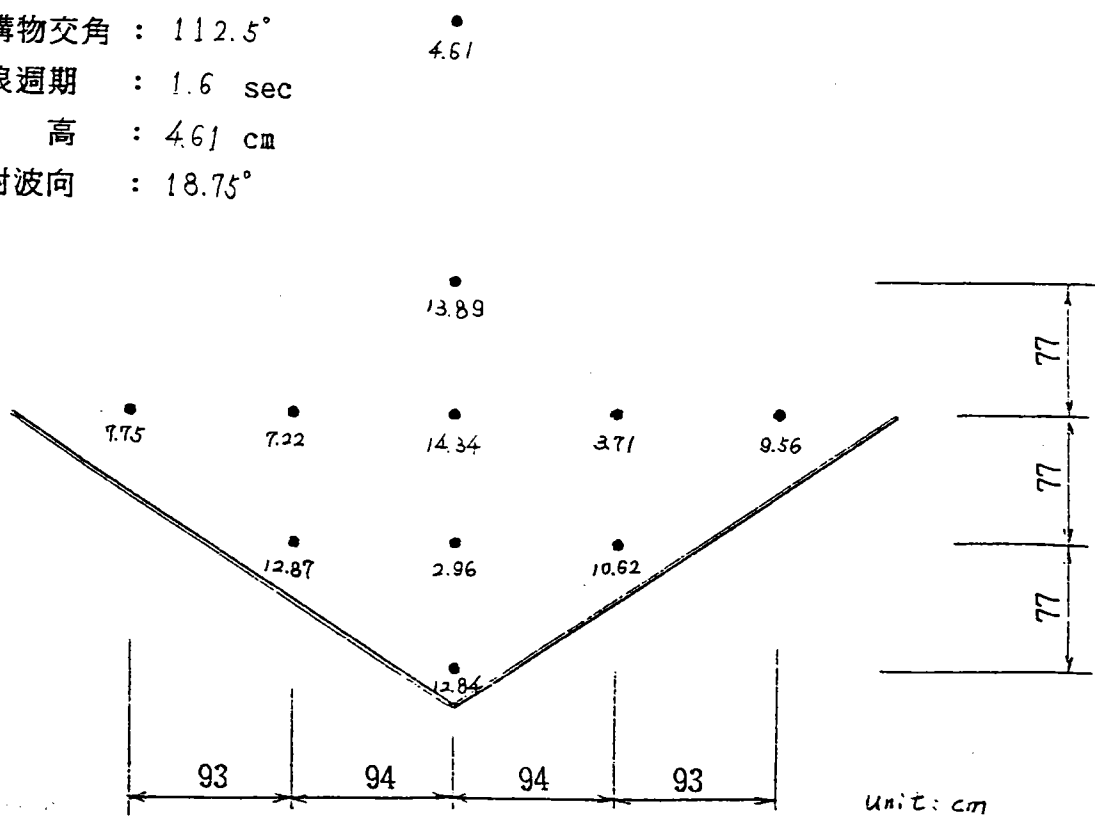


結構物交角 : 112.5°

波浪週期 : 1.6 sec

波 高 : 4.61 cm

入射波向 : 18.75°

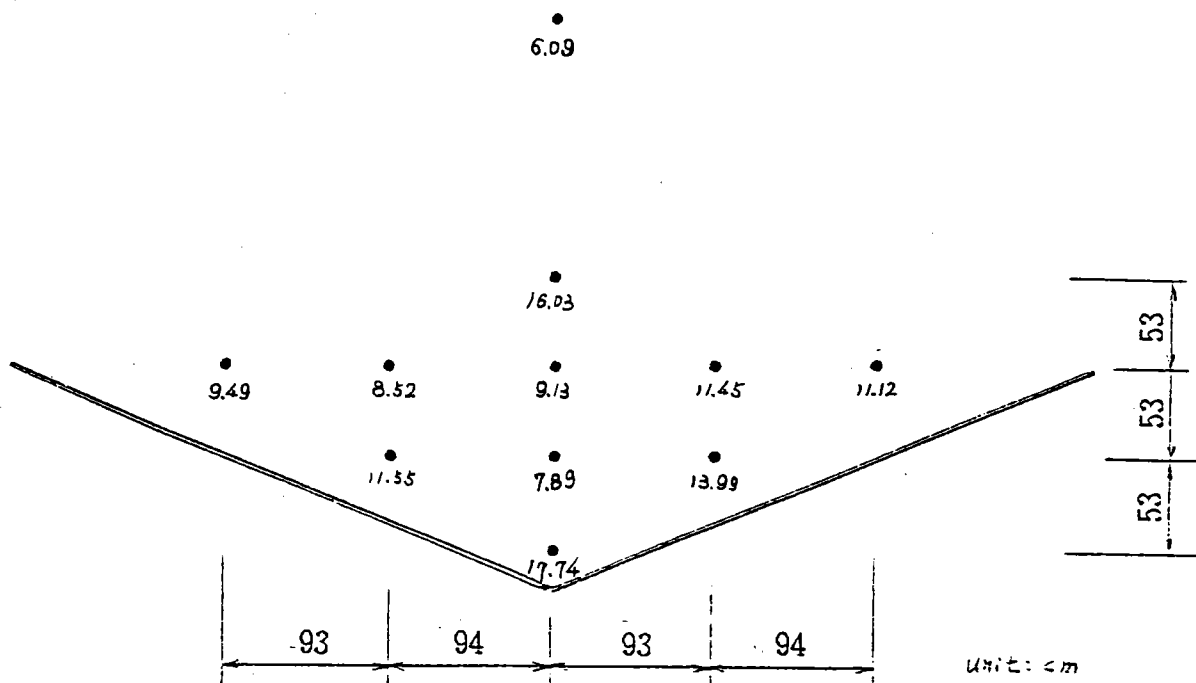


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.6 sec

波 高 : 6.09 cm

入射波向 : 22.5°

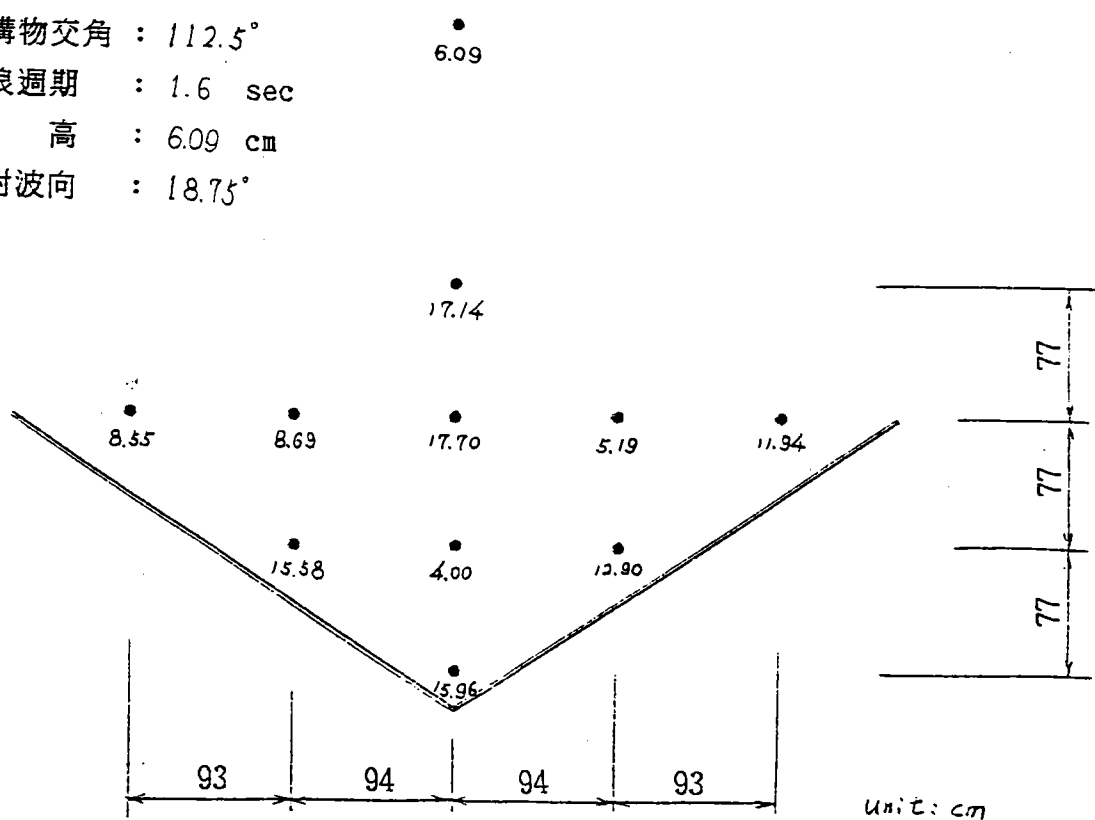


結構物交角 : 112.5°

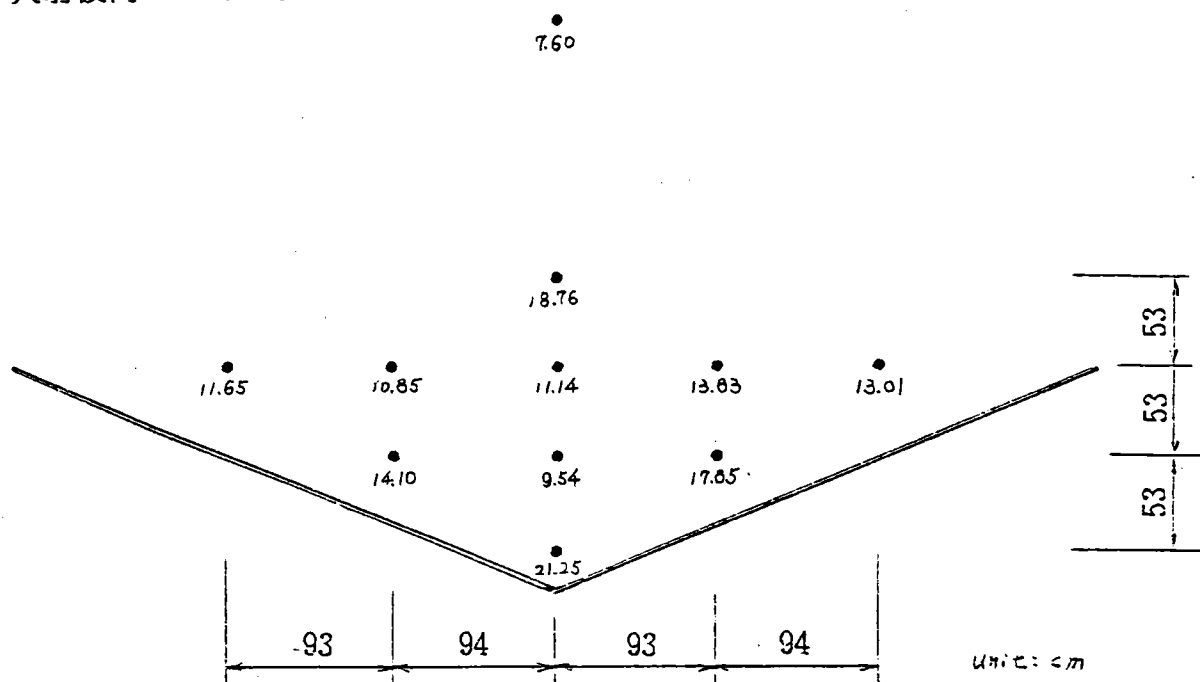
波浪週期 : 1.6 sec

波 高 : 6.09 cm

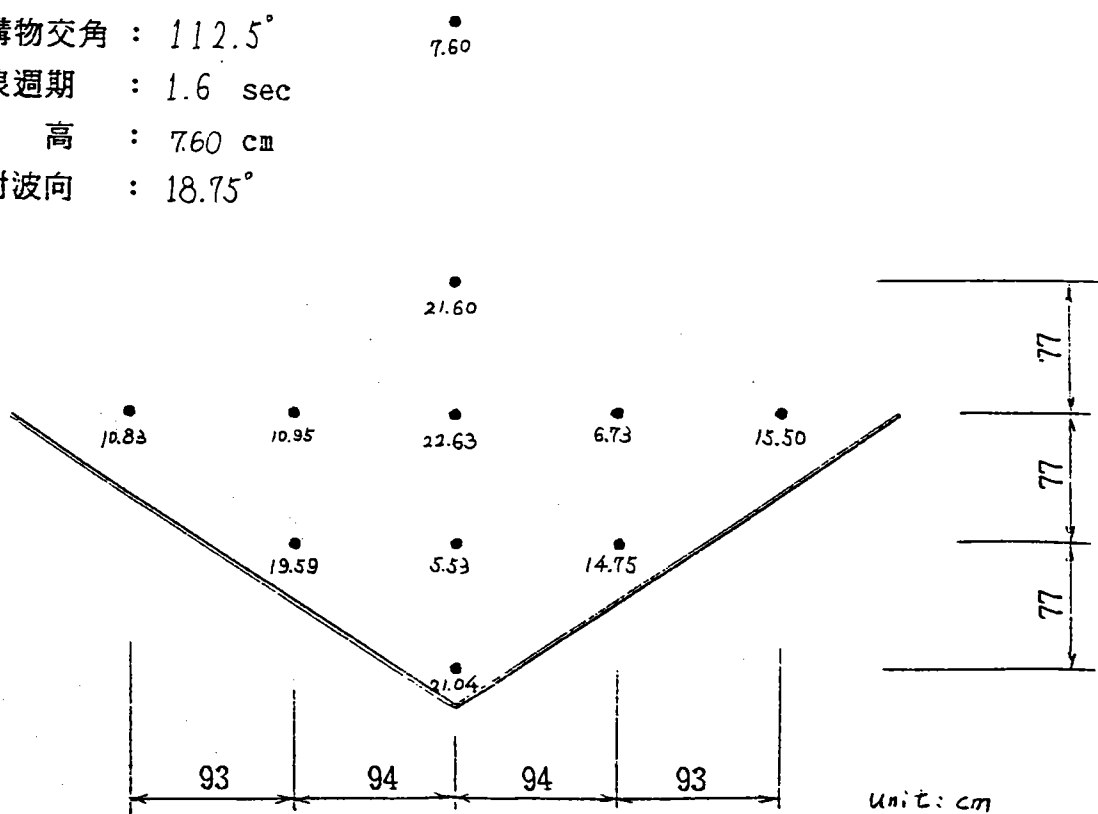
入射波向 : 18.75°



結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 7.60 cm
 入射波向 : 22.5°



結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 7.60 cm
 入射波向 : 18.75°

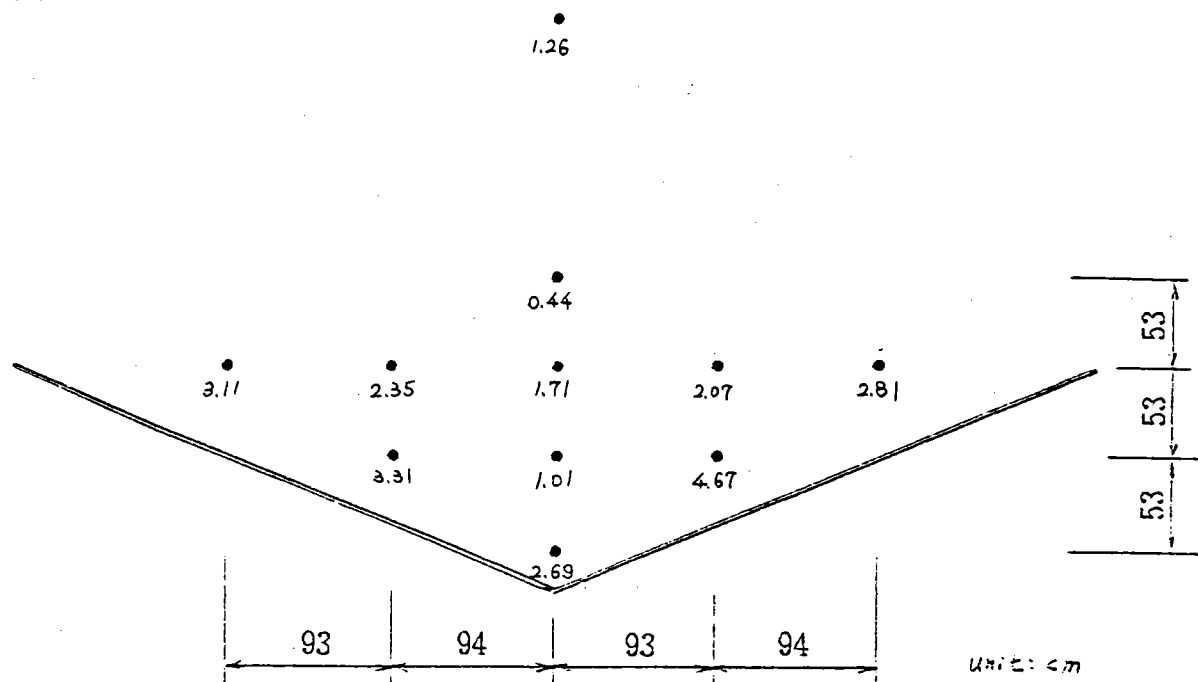


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 1.26 cm

入射波向 : 45°

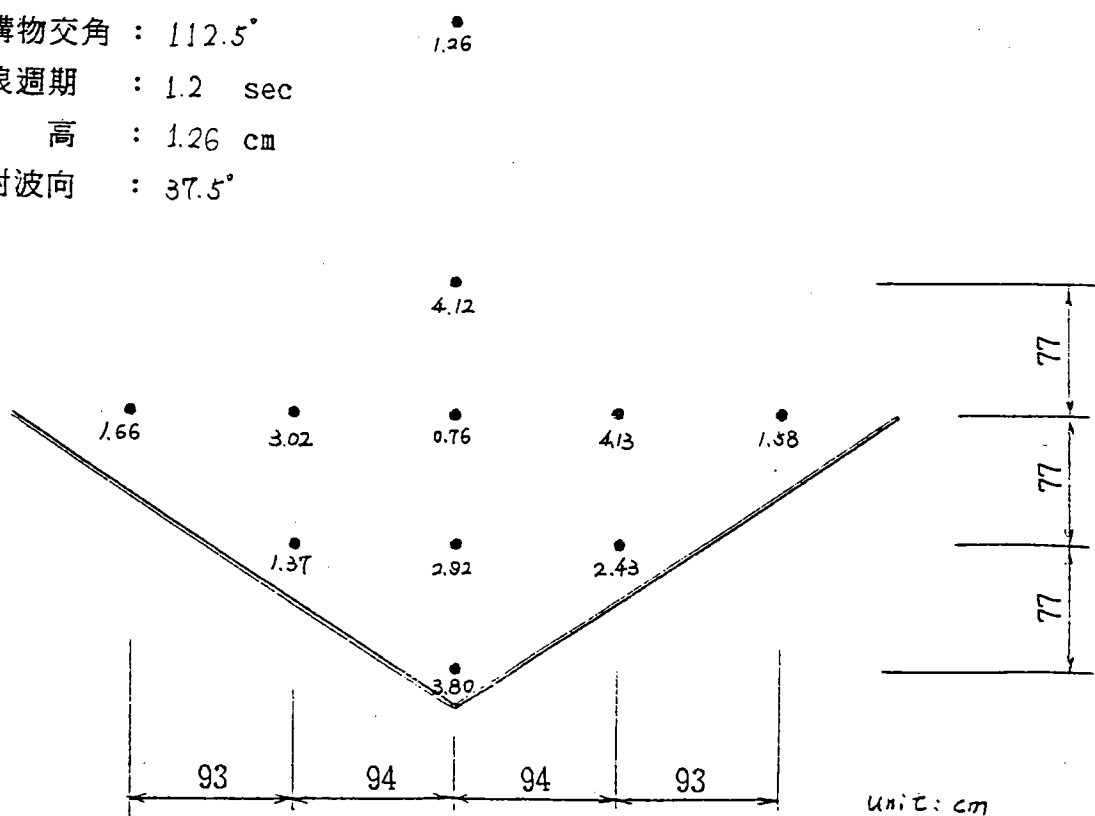


結構物交角 : 112.5°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 1.26 cm

入射波向 : 37.5°

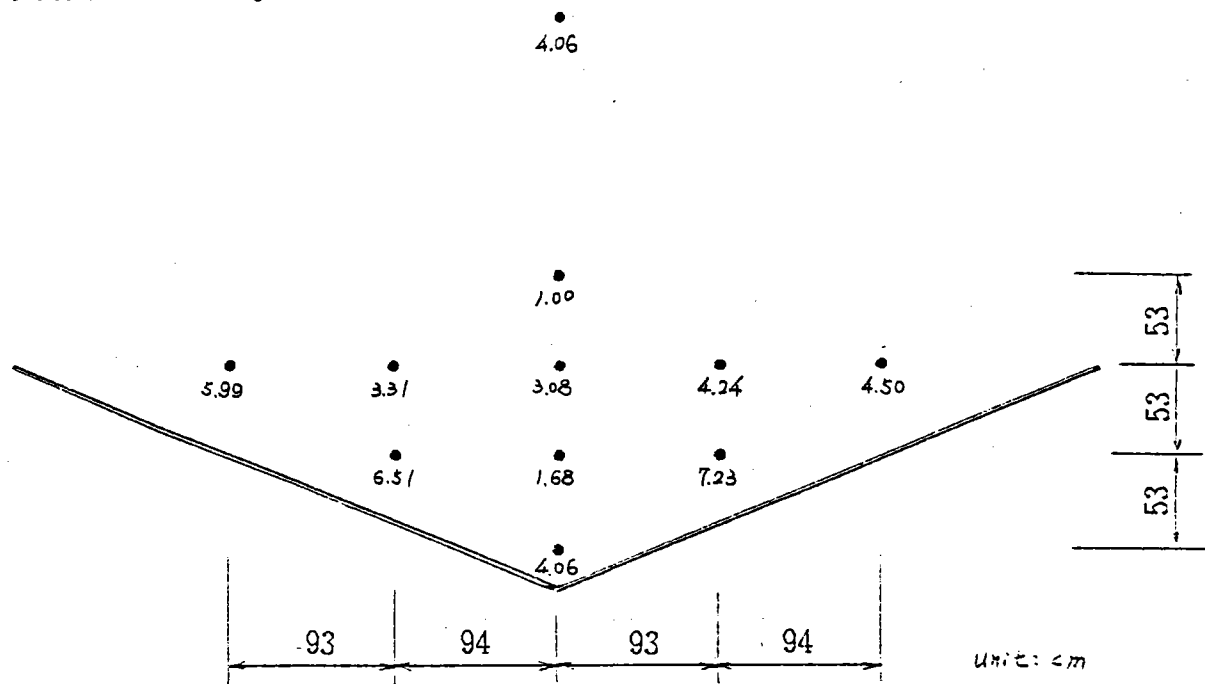


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 4.06 cm

入射波向 : 45°

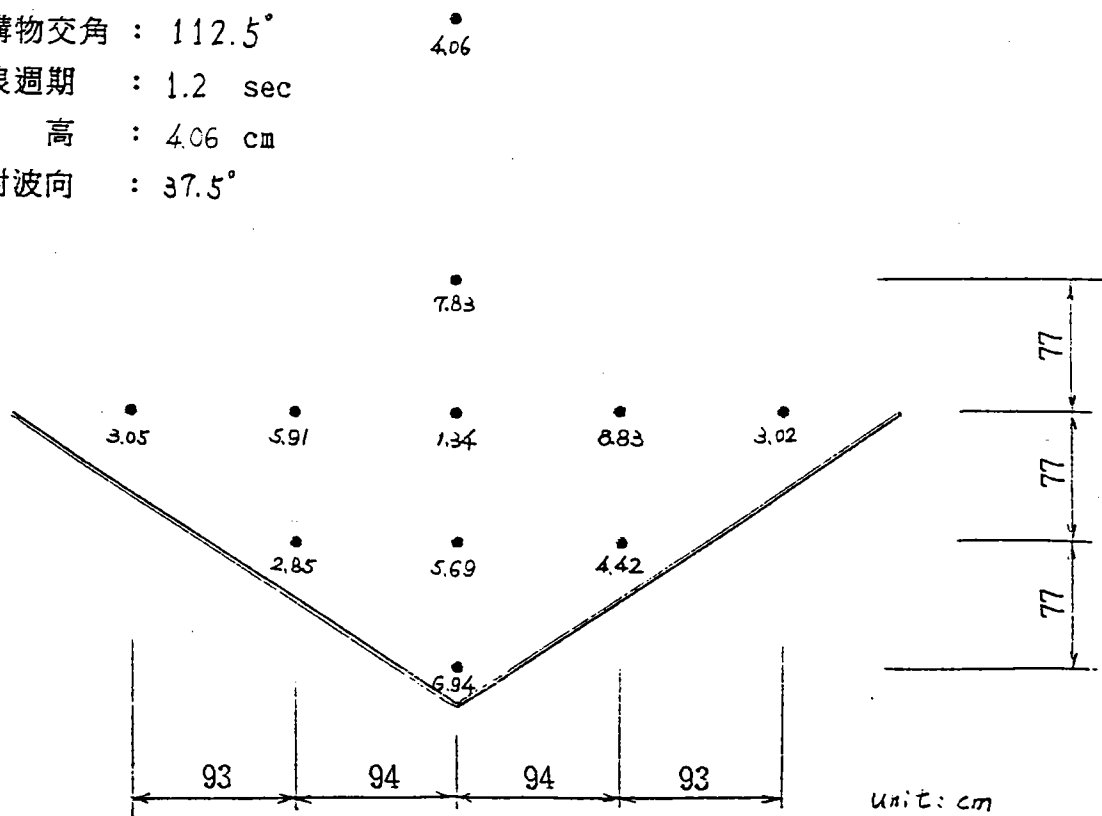


結構物交角 : 112.5°

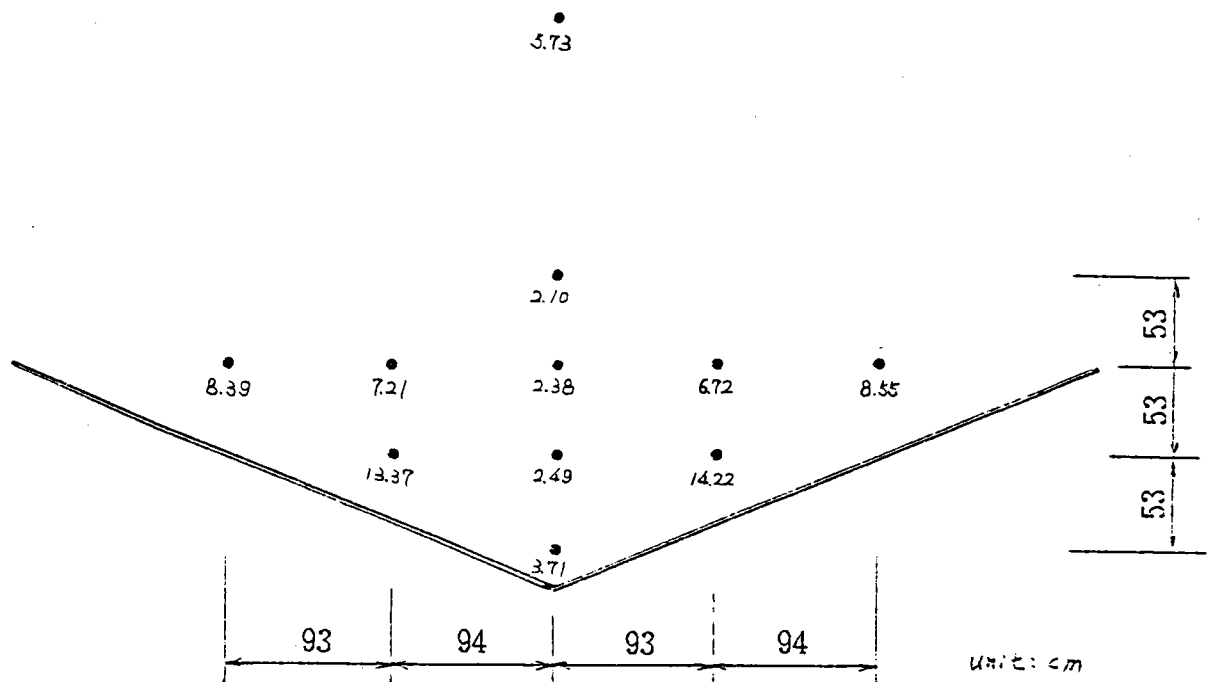
波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 4.06 cm

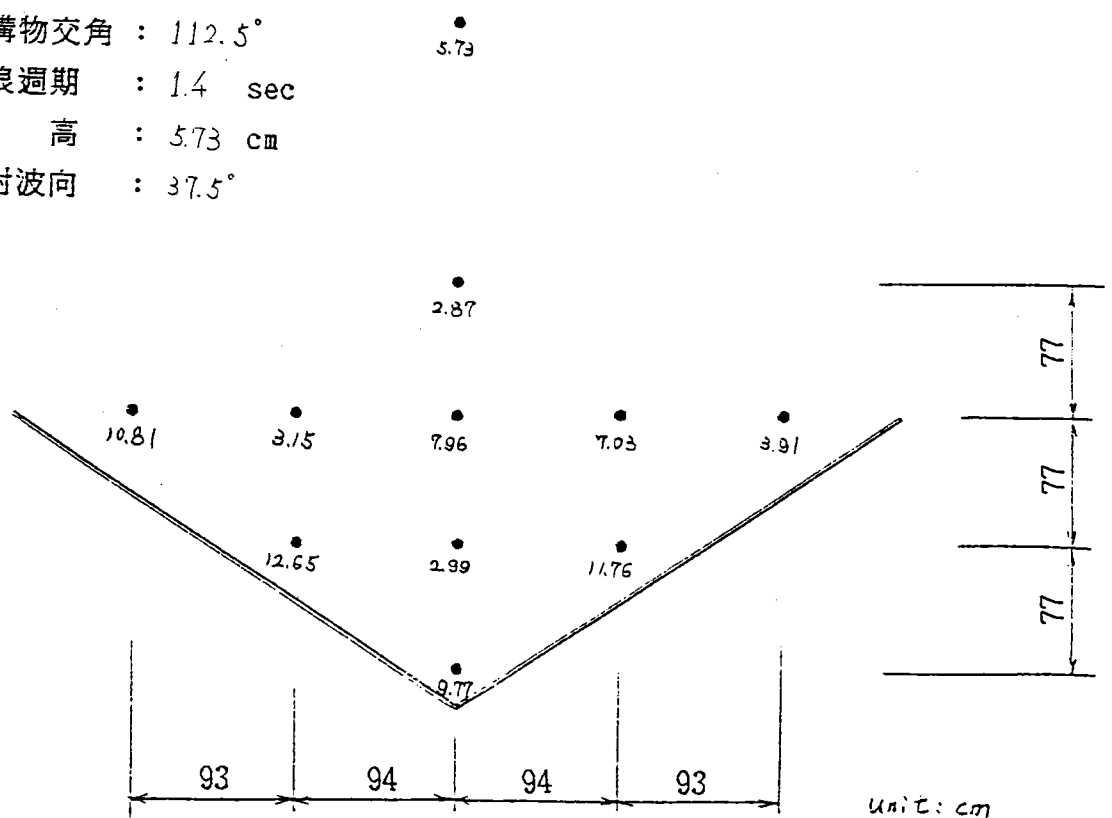
入射波向 : 37.5°



結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 5.73 cm
 入射波向 : 45°



結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 5.73 cm
 入射波向 : 37.5°

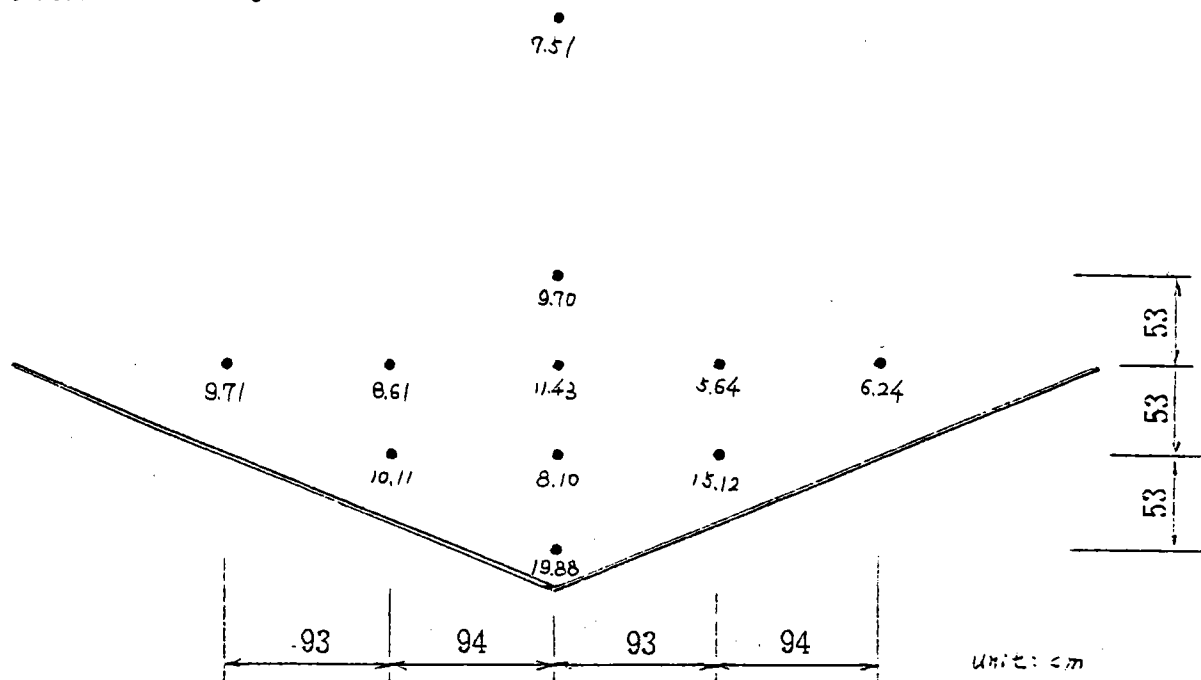


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 7.51 cm

入射波向 : 45°

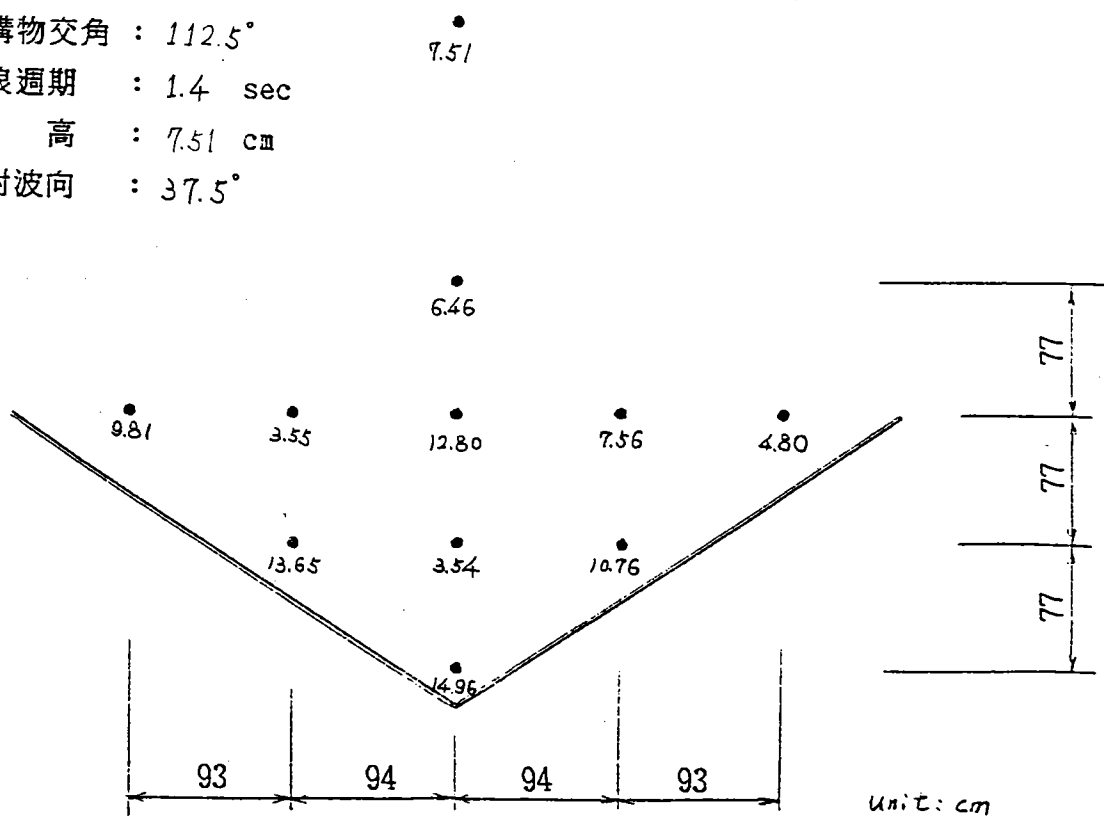


結構物交角 : 112.5°

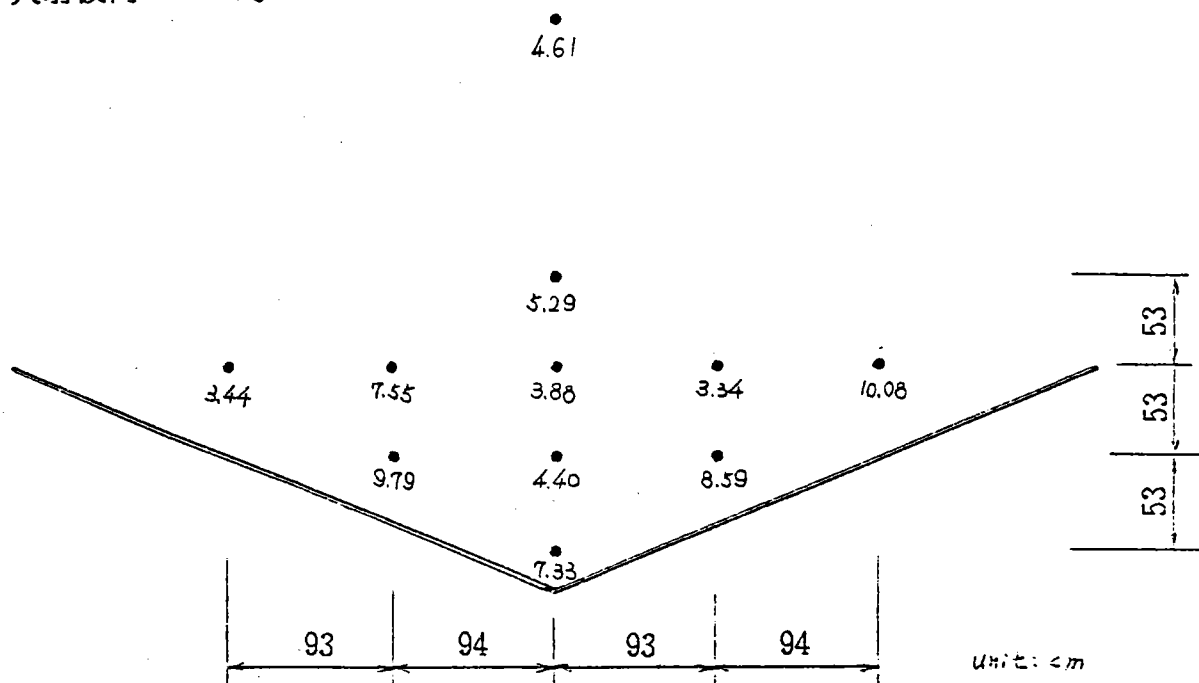
波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 7.51 cm

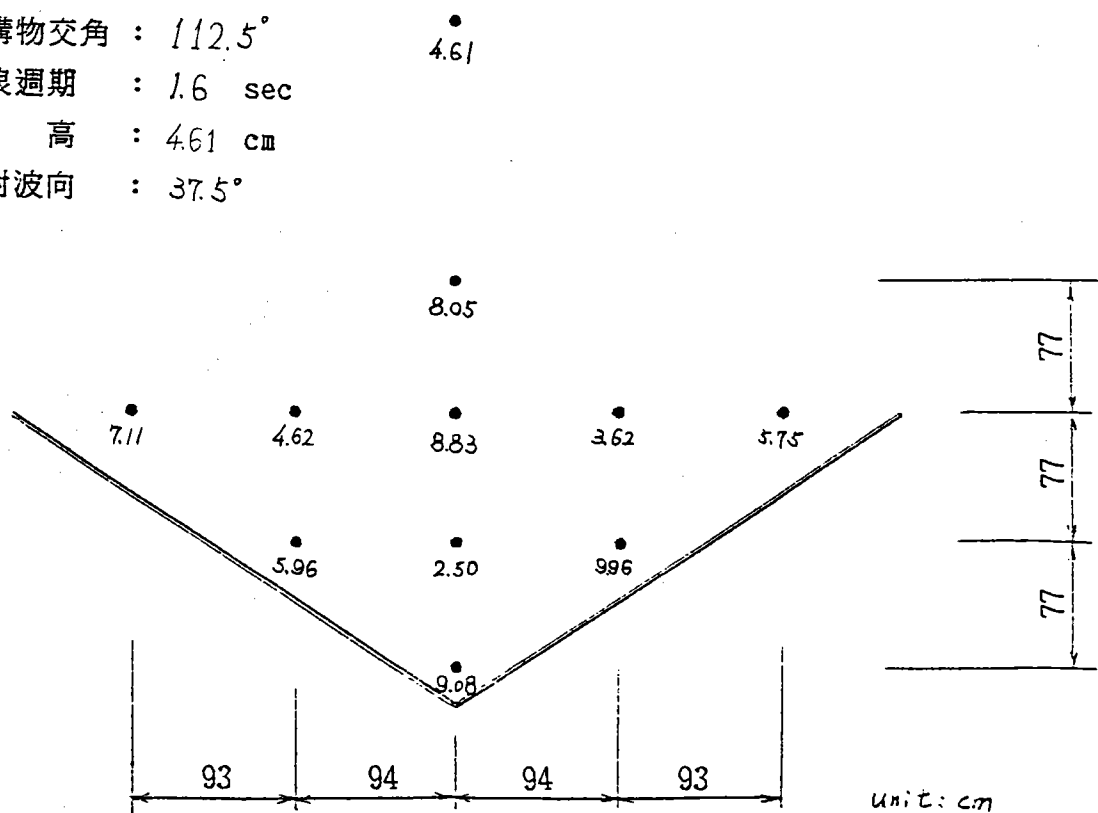
入射波向 : 37.5°



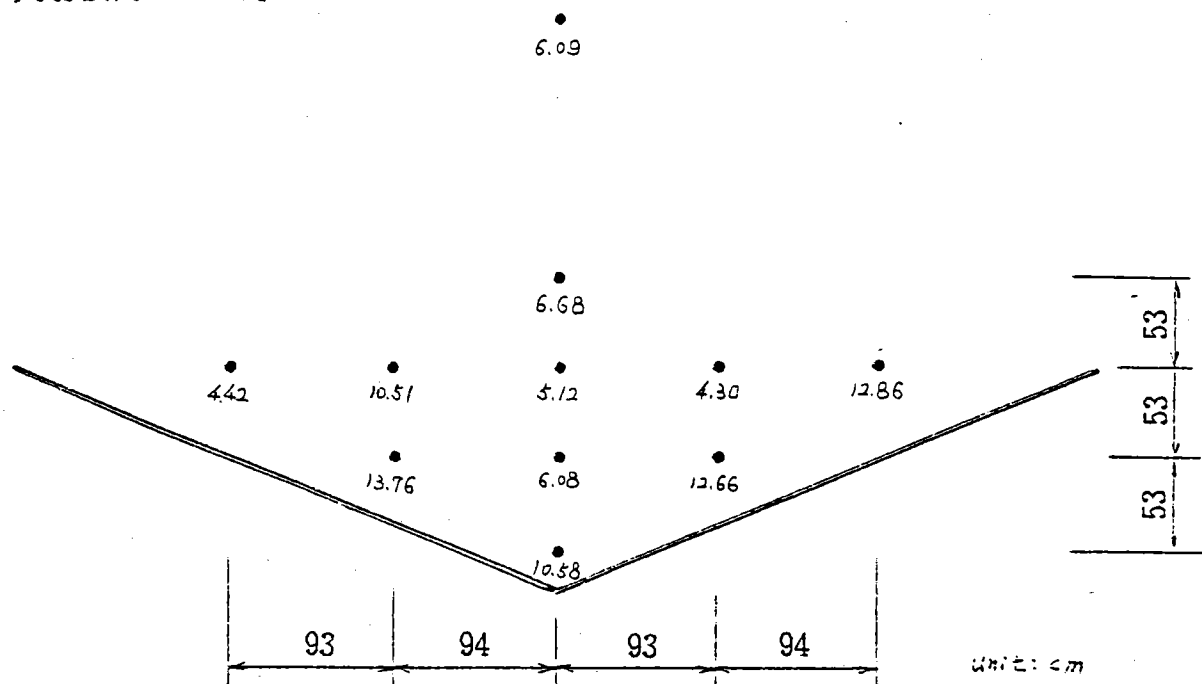
結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 461 cm
 入射波向 : 45°



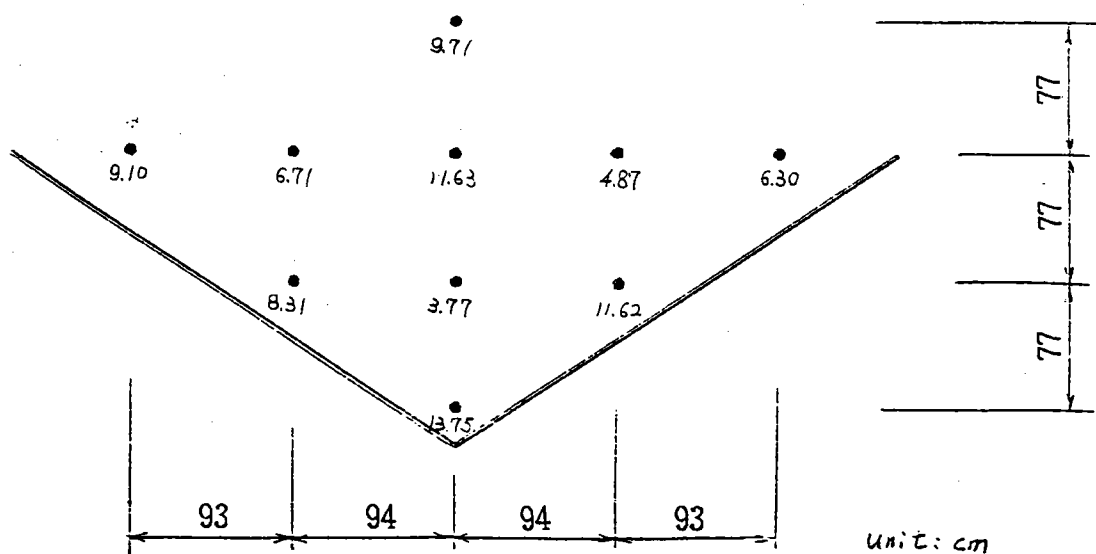
結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 461 cm
 入射波向 : 37.5°



結構物交角 : 135°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 6.09 cm
 入射波向 : 45°



結構物交角 : 112.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 6.09 cm
 入射波向 : 37.5°

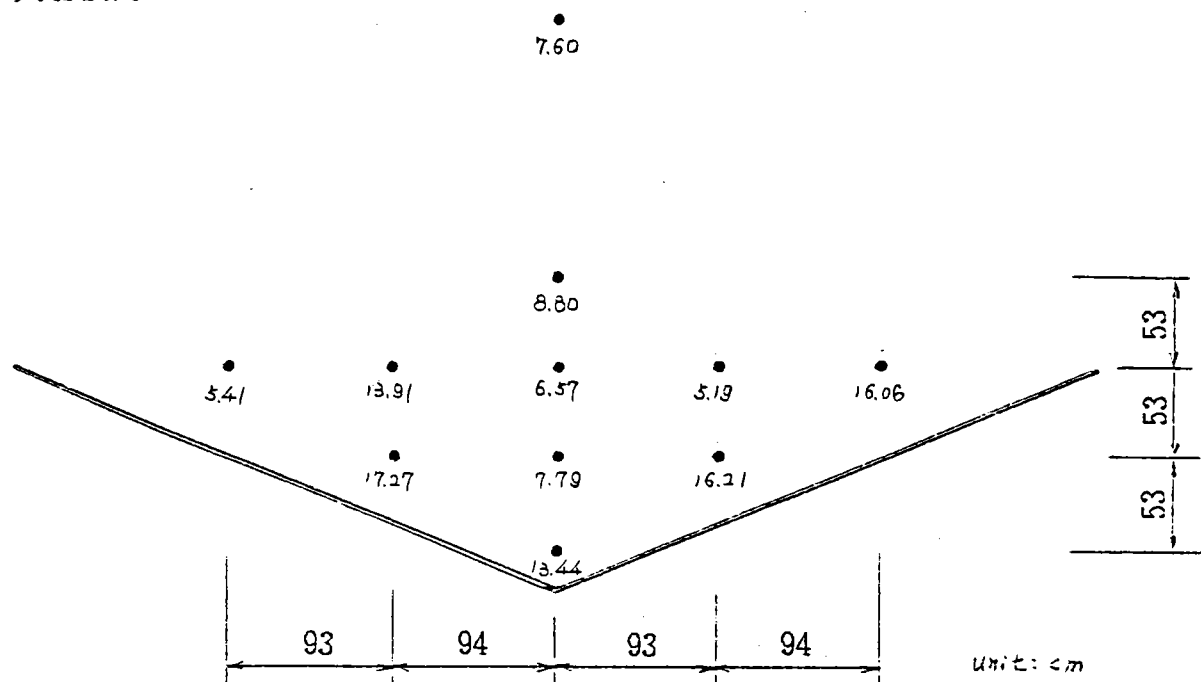


結構物交角 : 135°

波浪週期 : 1.6 sec

波 高 : 7.60 cm

入射波向 : 45°

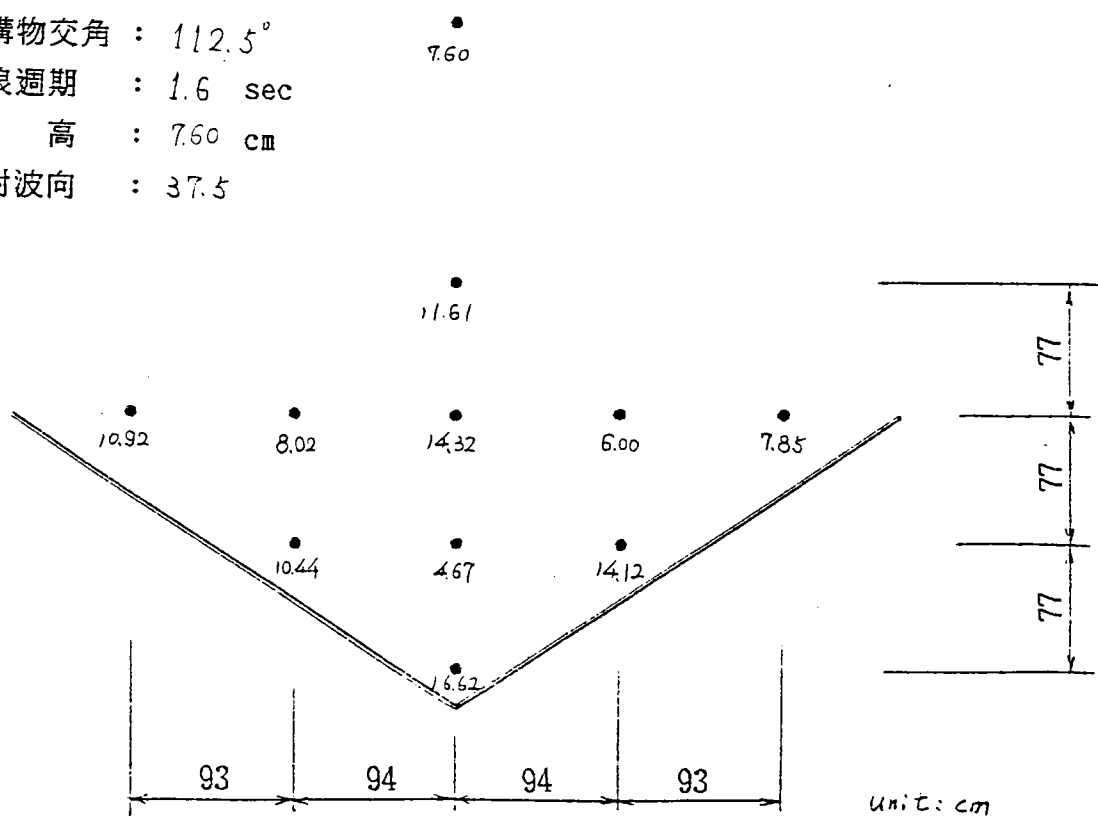


結構物交角 : 112.5°

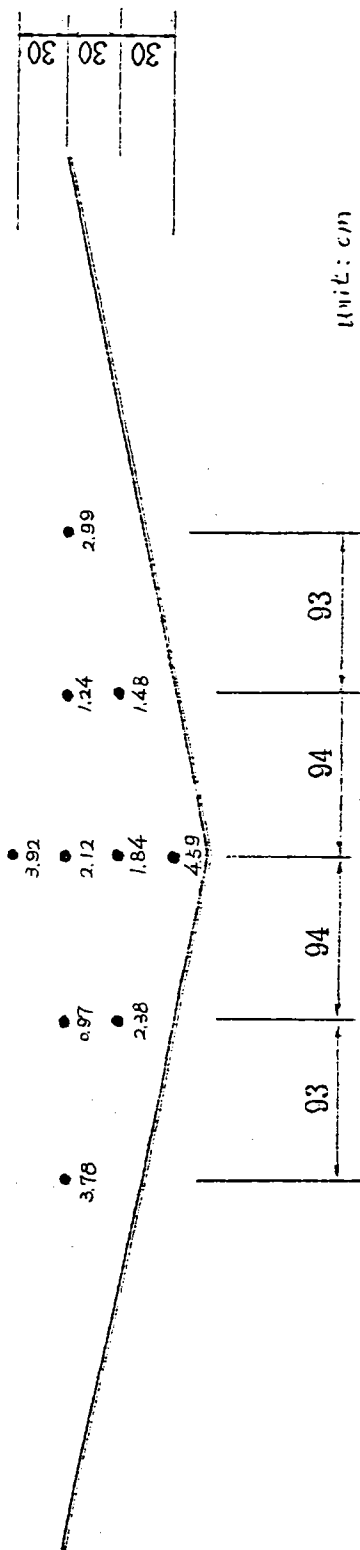
波浪週期 : 1.6 sec

波 高 : 7.60 cm

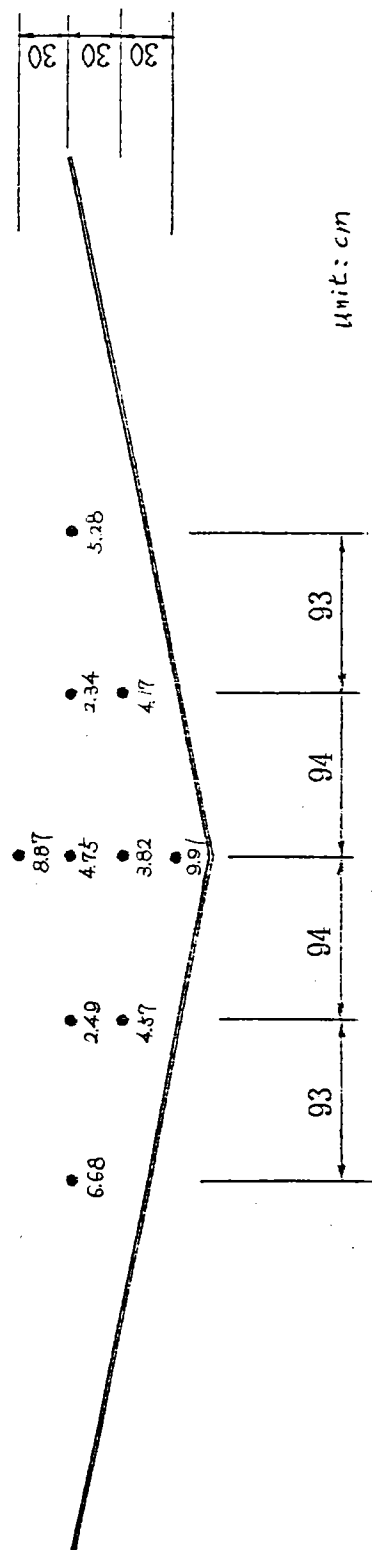
入射波向 : 37.5°



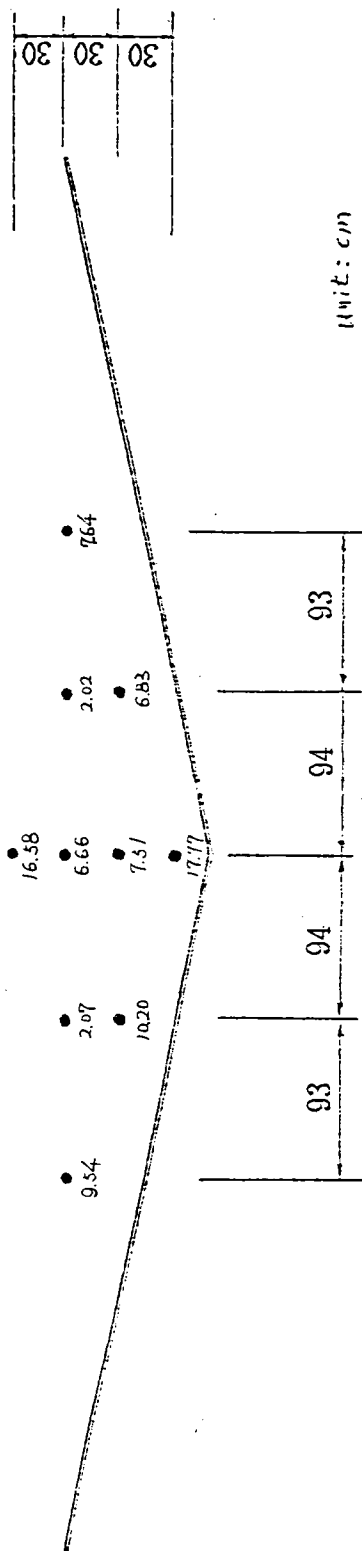
結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.2 sec
 波 高 : 1.26 cm
 入射波向 : 0°



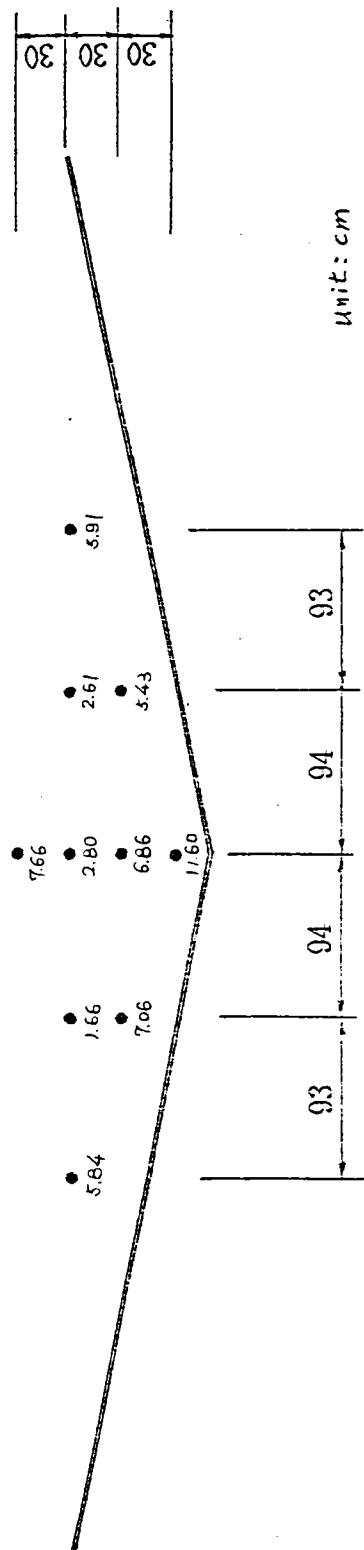
結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.2 sec
 波 高 : 4.06 cm
 入射波向 : 0°



結構物交角 : 157.5° ● 5.58
 波浪週期 : 1.2 sec
 波 高 : 5.58 cm
 入射波向 : 0°



結構物交角 : 157.5° ● 3.64
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 3.64 cm
 入射波向 : 0°

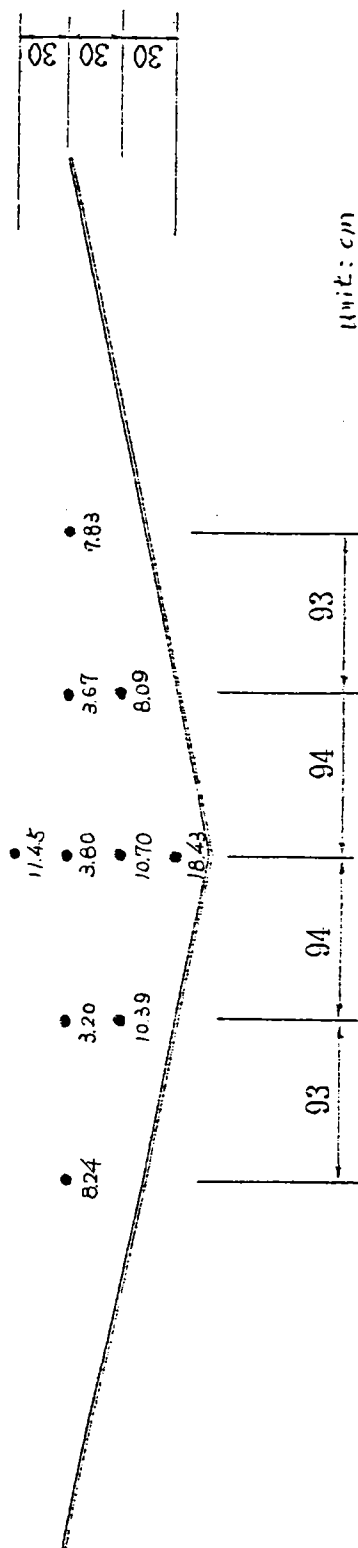


結構物交角 : 157.5° ● 5.73

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 5.73 cm

入射波向 : 0°

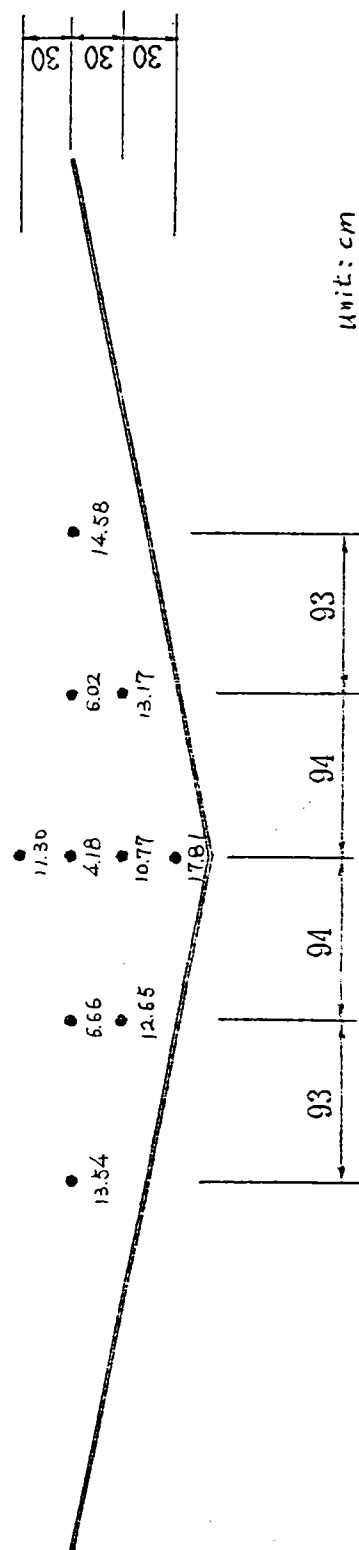


結構物交角 : 157.5° ● 7.51

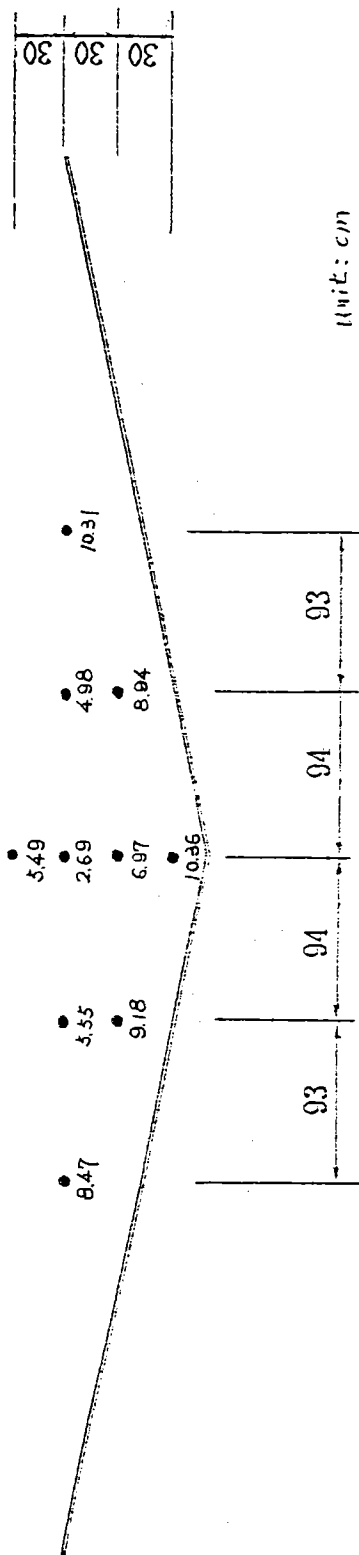
波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 7.51 cm

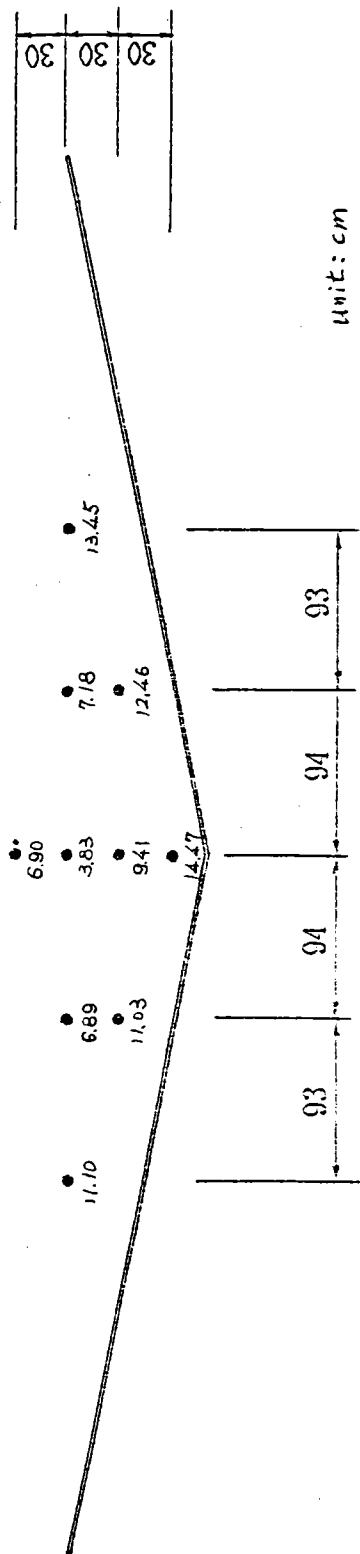
入射波向 : 0°



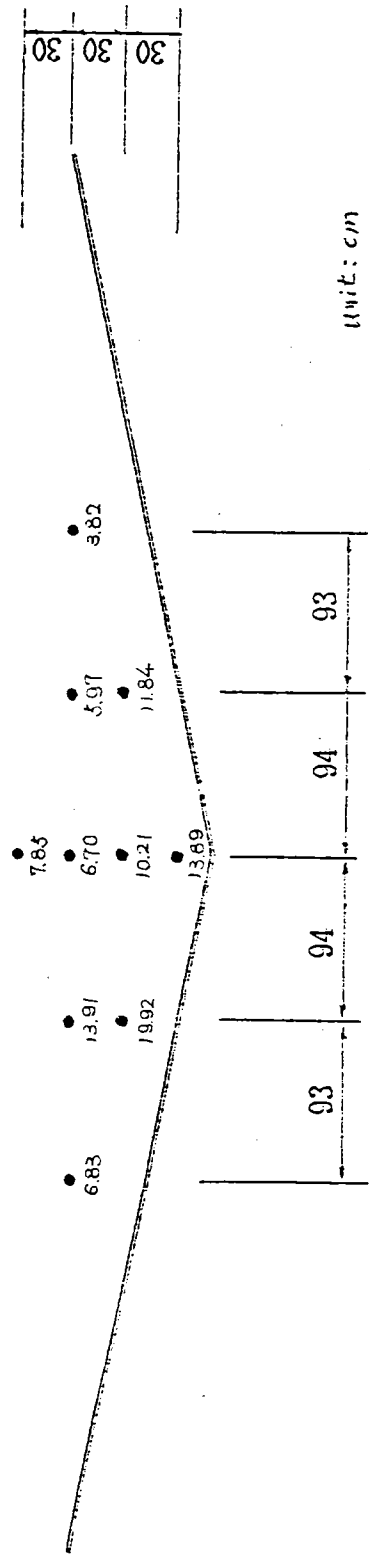
結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 4.61 cm
 入射波向 : 0°



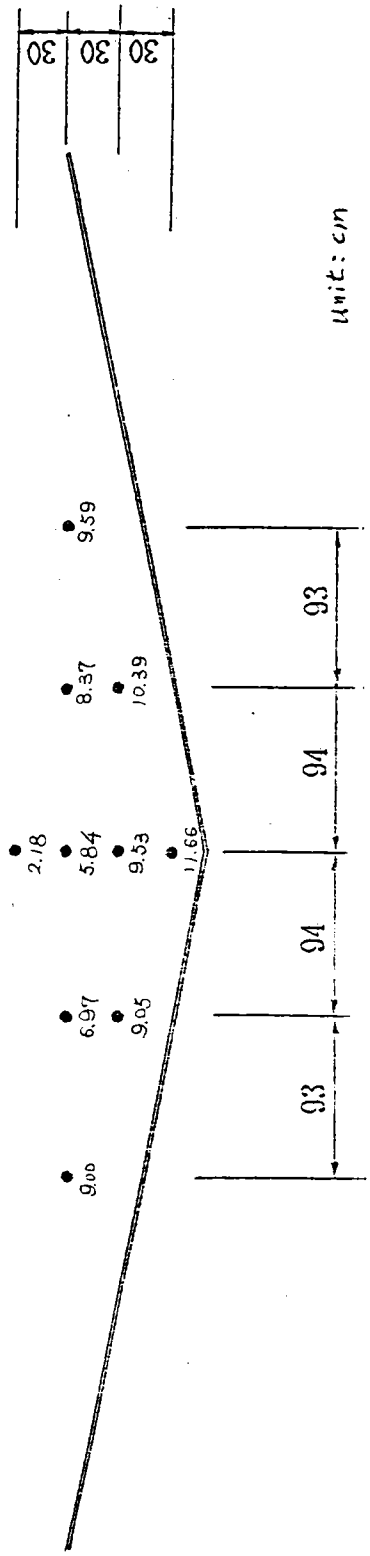
結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 6.09 cm
 入射波向 : 0°



結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 7.51 cm
 入射波向 : 26.25°



結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 4.61 cm
 入射波向 : 26.25°



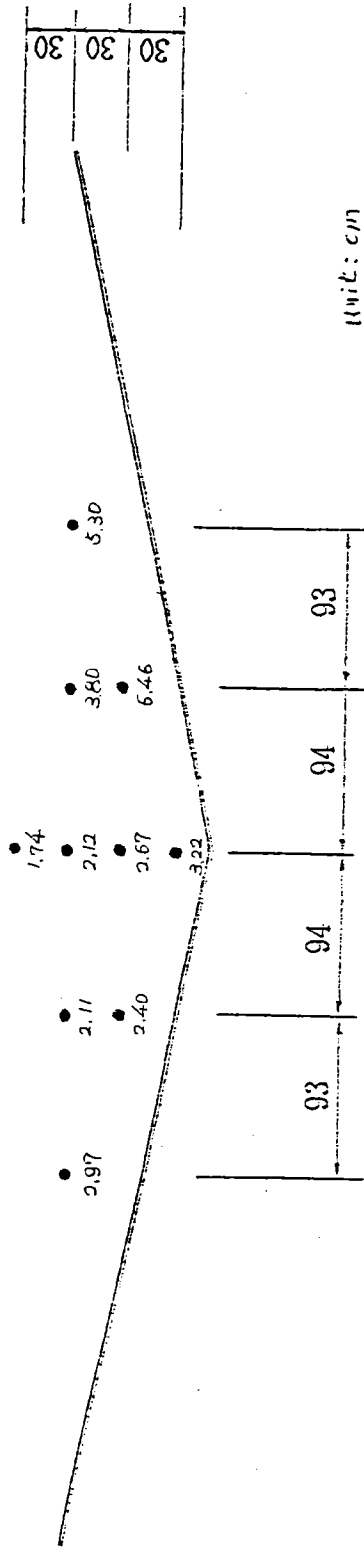
結構物交角 : 157.5°

波浪週期 : 1.2 sec

波 高 : 1.26 cm

入射波向 : 52.5°

●
1.26



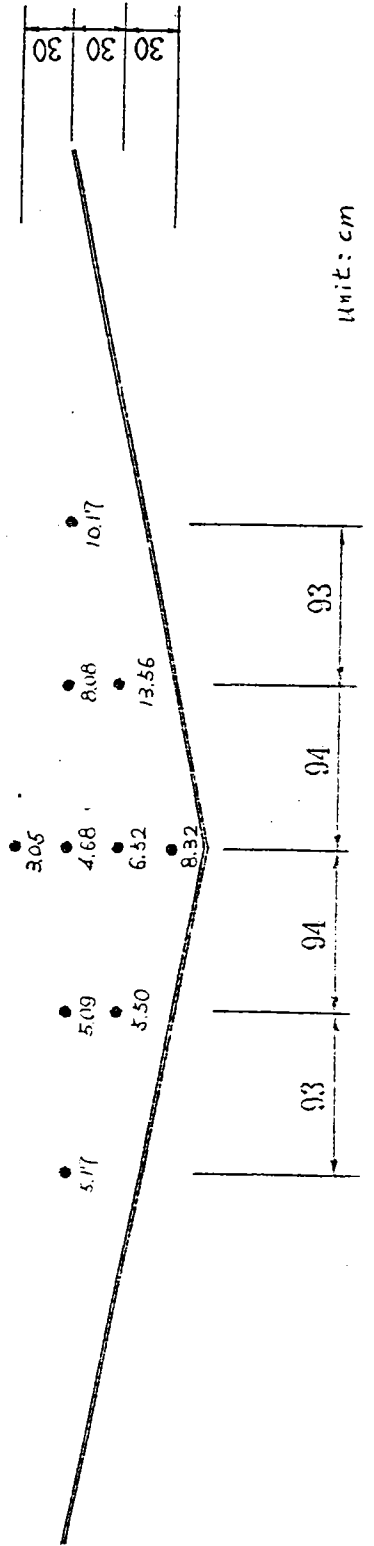
結構物交角 : 157.5°

波浪週期 : 1.2 sec

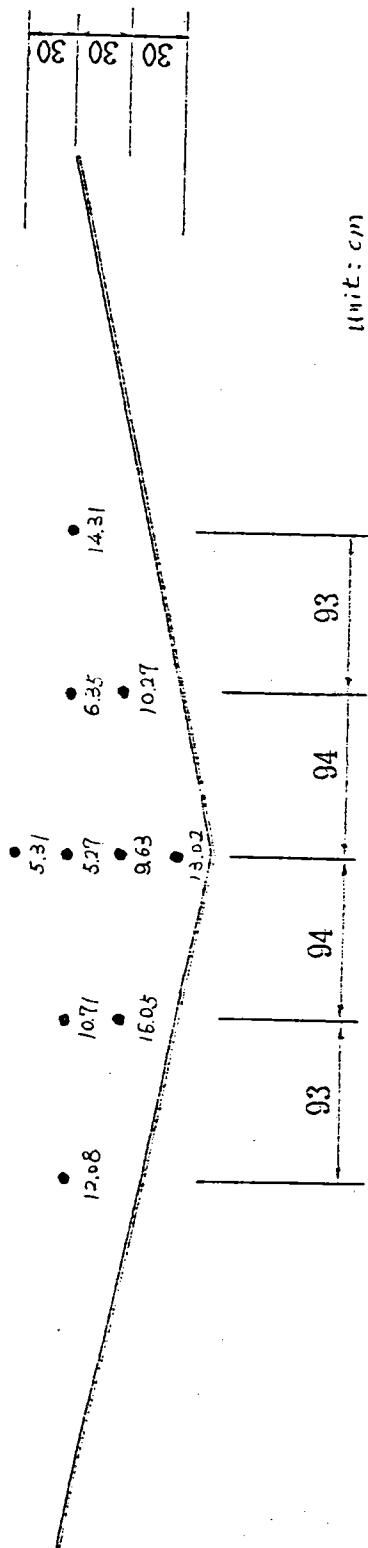
波 高 : 4.06 cm

入射波向 : 52.5°

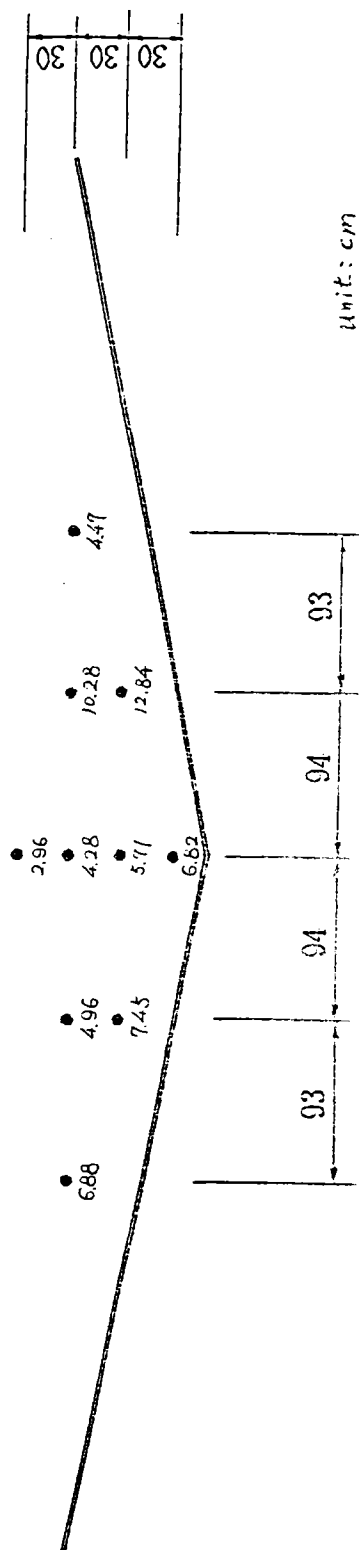
●
4.06



結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.2 sec
 波 高 : 5.58 cm
 入射波向 : 52.5°



結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.4 sec
 波 高 : 3.64 cm
 入射波向 : 52.5°

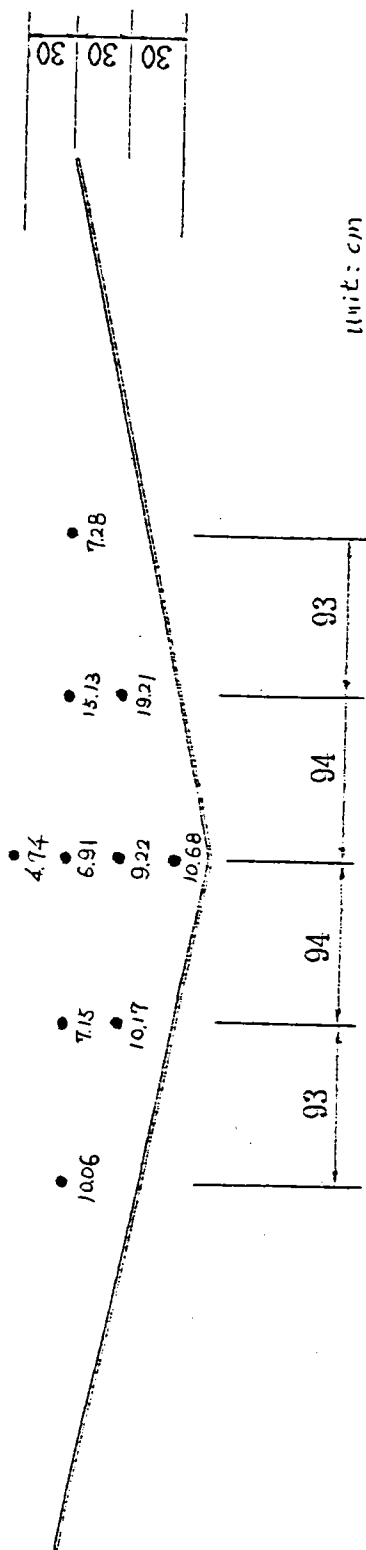


結構物交角 : 157.5°

波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 5.73 cm

入射波向 : 52.5°

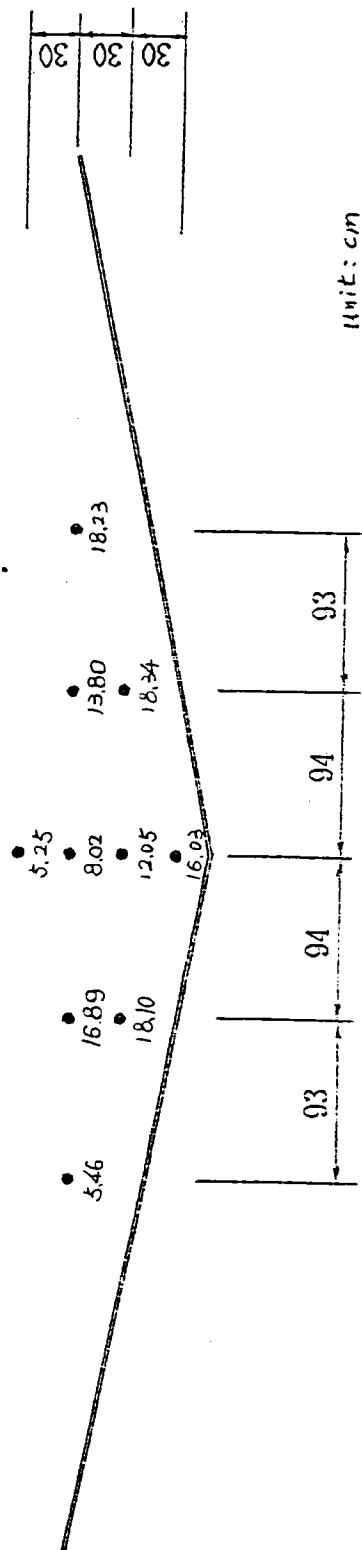


結構物交角 : 157.5°

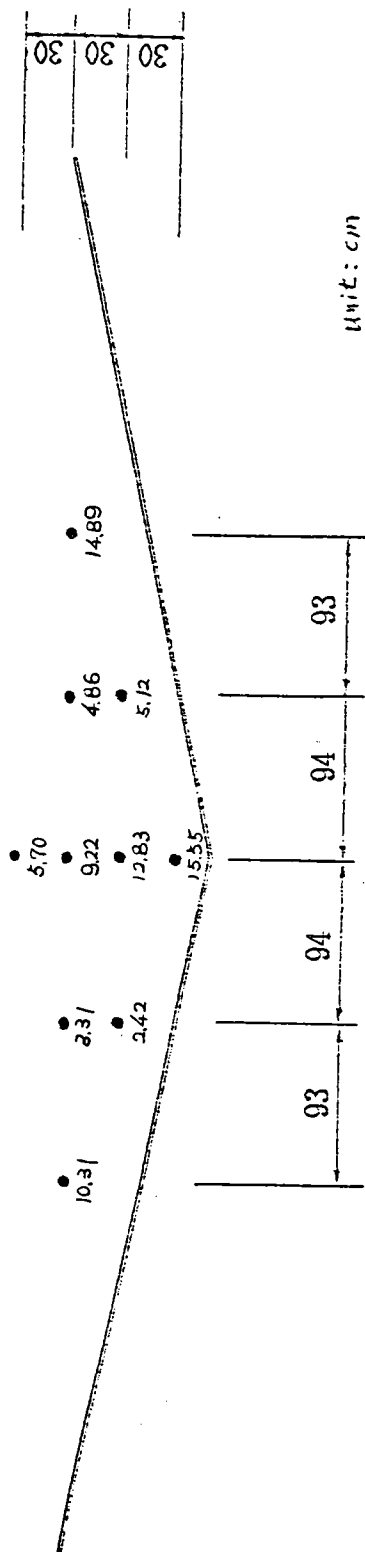
波浪週期 : 1.4 sec

波 高 : 7.51 cm

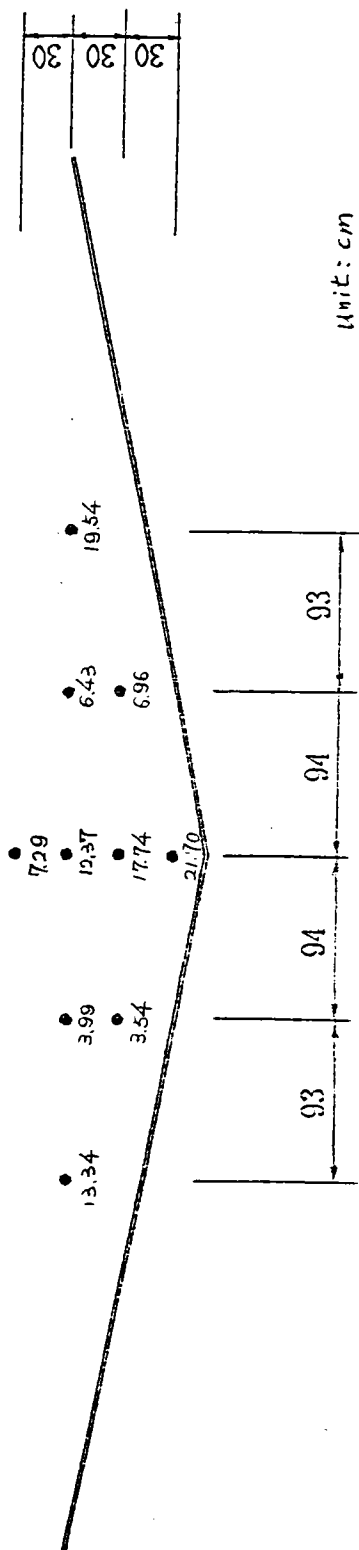
入射波向 : 52.5°



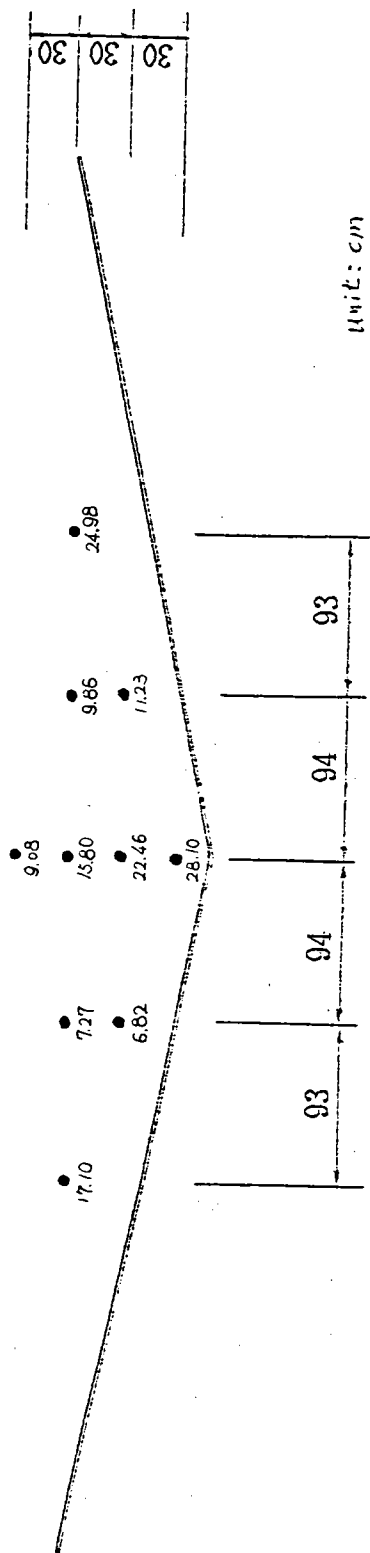
結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 4.61 cm
 入射波向 : 52.5°



結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 6.09 cm
 入射波向 : 52.5°



結構物交角 : 157.5°
 波浪週期 : 1.6 sec
 波 高 : 7.60 cm
 入射波向 : 52.5°



結構物交角 :
 波浪週期 : sec
 波 高 : cm
 入射波向 :

