

台 灣 電 力 公 司

蘇 澳 卸 煤 碼 頭 水 工 模 型 試 驗 研 究 報 告

REPORT OF HYDRAULIC MODEL STUDY
TAIPOWER SU-AO COAL UNLOADING TERMINAL

計 畫 主 持 人：張 金 機
(報 告 編 寫)

模 型 試 驗：何 良 勝、廖 慶 堂

資 料 處 理：簡 仲 環、李 勇 榮、張 富 東

資料處理系統：陳 明 宗、張 富 東

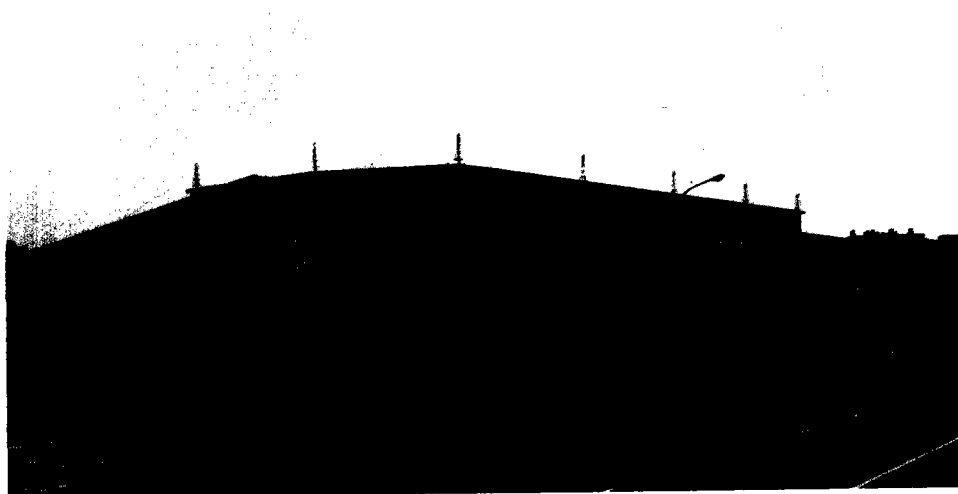
英 文 打 字：張 喆 音、陳 毓 清

校 對：張 淑 琴

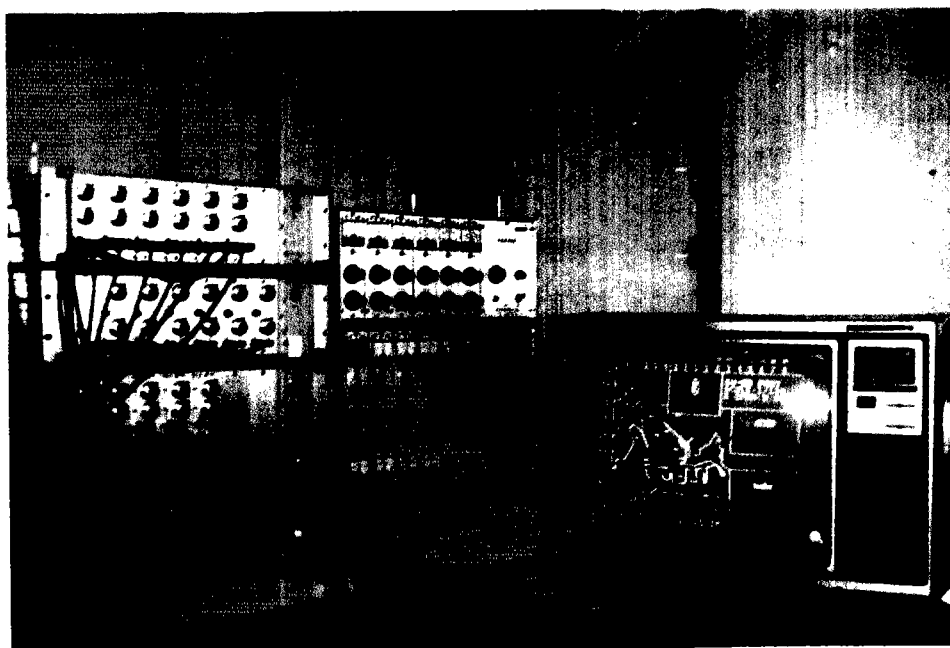
參 與 人 員：黃 清 和、朱 金 元、蔡 金 吉

蔡 瑞 成、何 炳 紹、李 永 勝

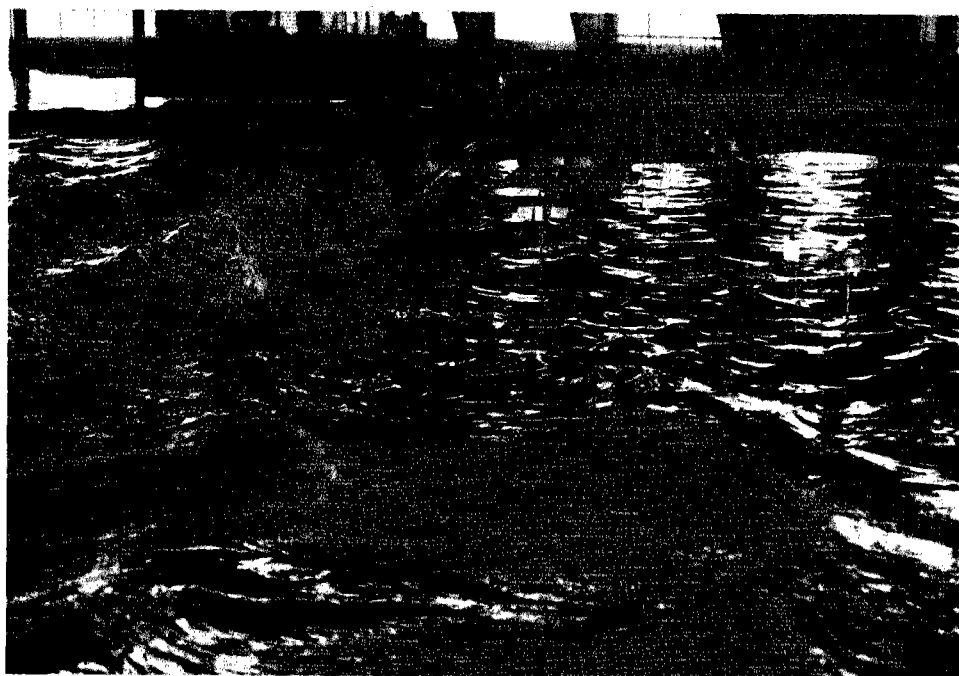
陳 肇 興、陳 正 義、楊 怡 芸



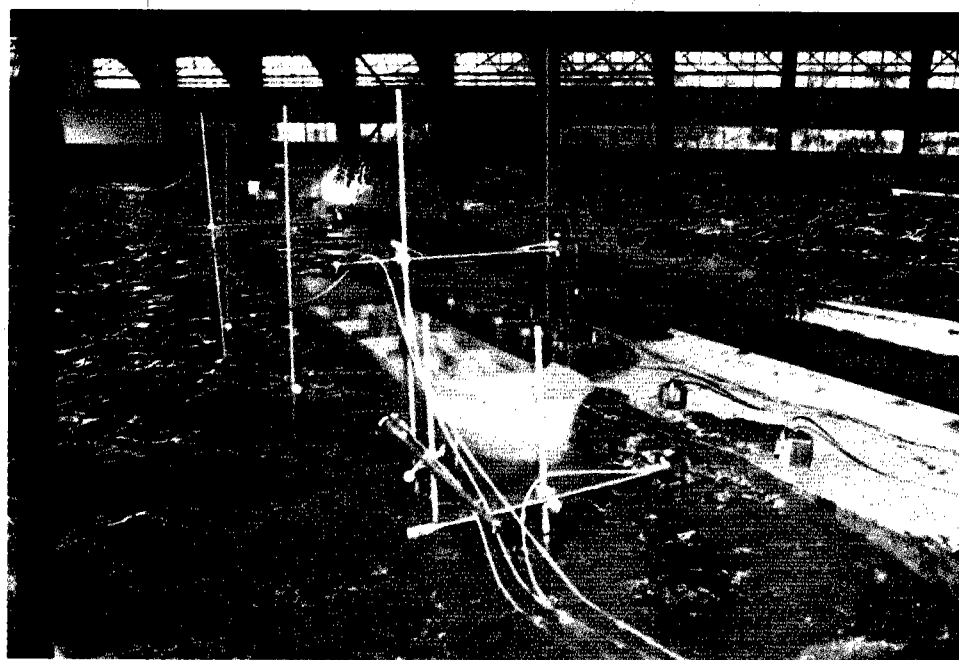
照片一 試驗場棚，長84^M，寬60.5^M



照片二 資料處理系統



照片三 港口受波浪作用情形



照片四 船模動力試驗

目 次

壹、前 言	1
貳、結 論	2
叁、海 象 及 氣 象 條 件	4
肆、模 型	15
伍、模型校核及驗證	25
陸、試驗結果	36

台灣蘇澳卸煤碼頭水工模型試驗研究報告

中文摘譯

壹 前言

台電公司爲了解未來蘇澳卸煤碼頭興建後，船席碇靠條件，委託本所辦理蘇澳卸煤碼頭規劃水工模型試驗，卸煤碼頭沿南外防波堤內側設置，其位置較現有港灣更暴露於外海波浪侵襲。因此在必要時，考慮興建北外防波堤保護。台電顧問公司 Swan Wooster 建議辦理定床水工模型試驗。

港灣技術研究所接受委託於七十二年簽定“台電蘇澳卸煤碼頭水工模型試驗研究”合約。七十五年三月港研所開始製作模型，四月完成並開始試驗。七十五年十月修訂合約書，增加北外堤碼頭案試驗計畫。全部試驗工作在七十五年十一月完成，港研所試驗完成後向台電提出兩次試驗結果簡報。

辦理規劃佈置之前，先利用現場波浪調查資料從事模型校核及驗證工作，以使原型邊界條件在模型上重現。模型試驗所考慮因素包括碼頭及防波堤佈置、二種纜繩、二種載重、各種不同之入射波浪等。本報告將涵蓋原型資料、模型模擬、模型量測及分析、選定點波高、船隻運動，纜繩及護舷受力。根據試驗結果，估算不能作業時間及船隻離開船席避難時間。

貳 結論

- 一、現有防波堤拋放消波塊對港穩靜略有助益，但長波能量仍無法消除。在卸煤碼頭，尤其是內港碼頭佈置案，長週期波浪能量成為波浪能譜主要部份。
- 二、長週期波浪為造成船隻運動，纜繩及護舷受力最大因素。雖然內港碼頭佈置案碼頭前水域波高係數均不大，但很多情況無法滿足碇靠條件。
- 三、內港碼頭佈置案，碼頭前波高隨北外防波堤延長而減低。但防波堤 1650^m (2B) 延長為 2050^m (2A) 時，試驗結果顯示波高並無顯著改善。因之，如果波高為唯一考慮要素時，北外防波堤最佳長度約為 1650^m。
- 四、內港碼頭佈置案迴船池附近波高遠較防波堤碼頭佈置案為小。防波堤碼頭佈置案在 SSE 向波向作用下南外堤與北外堤形成 V 字形，外海入侵波浪經收斂後集中於碼頭前水域。碼頭前波高係數約為 0.21 至 0.28 依波浪週期而變化。由於北外防波堤的繞射及南外防波堤的反射使迴船池附近 (WG 15 及 4) 波高係數大於 1.0，在此情況下，進港船隻操船可能相當困難。
- 五、佈置 1 船隻繫纜分別採用鋼索及尼龍繩加以試驗。鋼索因為韌度 (Stiffness) 太大，船隻未能獲得足夠之運動空間，在容許運動量下，可忍受相當大之外海波高。但纜繩應力隨運動量急遽增加，容許作業波高相對減低。不能作業波高決定於纜繩拉力。採用尼龍繩繫纜，韌度較小，運動量增加，纜繩受力減小。船隻運動與纜繩拉力所求得之不能作業波高趨於一致，因此採用尼龍繩容許作業波高較採用鋼索約提高 2^m。
- 六、防波堤碼頭佈置，當受 SSE 向波浪作用時，延伸北外防波堤對改善碇靠船隻作業條件並無助益。

- 七、碇靠船隻採用鋼索繫纜，在SE向波浪作用下，北外防波堤興建對內港碼頭佈置容許作業波高較容易獲得改善，而防波堤碼頭佈置案則無多大助益。
- 八、訂案佈置試驗結果得知，滿載情況下，不能作業波高分別為SSE向 2.91^m ，ESE向 3.40^m ，SE向 3.42^m ，E向 3.60^m ，如果採用較大值估算時，則SSE，ESE，SE及E向不能作業波高依序分別為 2.70^m ， 3.20^m ， 3.25^m 及 3.40^m 。
- 九、全年不能作業時間，目前僅以部份紀錄及CECI追算颱風波浪合成之波高超過頻率予以估算，將來若獲得更可靠資料可以隨時加以修正。估算結果船隻滿載或15%載重每年不能作業時間分別為142及161小時。若平均每次造成不能作業風浪延時3小時，一年發生不能作業風浪約為50至60次。如果採用較大值估算約增加30%。
- 十、估計一年中船隻因波浪太大，船席不能碇靠，需離港避難時間約為滿載136小時，15%載重125小時。

參 海象及氣象條件

一、目的：

現場調查主要目的在取得各方向波高超過頻率，波譜及模型上模擬所需資料。

二、計畫：

根據調查計畫台電勘測課計畫設置兩個風速站，三個波浪觀測站及其他流速測點，如圖 3 - 1。

三、資料處理：

資料分析結果，A 及 B 兩測點波高超過頻率如圖 3 - 2，B 站與 A 站波高比，H 站與 B 站波高比分別如圖 3 - 3 及 3 - 4。較大風浪波譜如圖 3-5，部份紀錄波浪資料及 CECI 追算颱風波浪合併之波高超過頻率如圖 3 - 6，表 3 - 1 為較大之季節風波浪及颱風波浪統計特性，原型資料打在紙帶上作為模型上造波機輸入訊號。

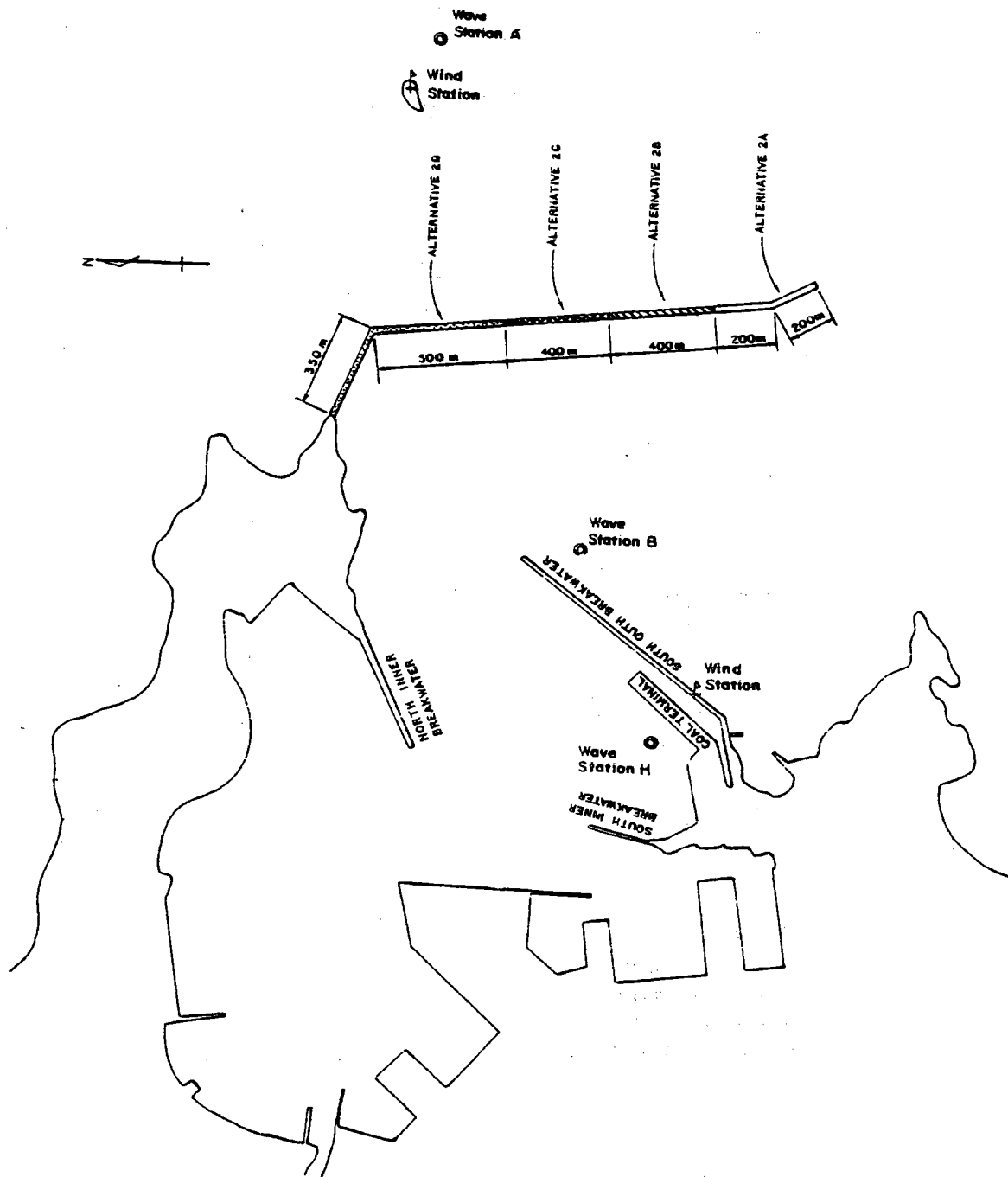


Figure 3-1 Su-Ao Harbor — Wind and Wave Stations

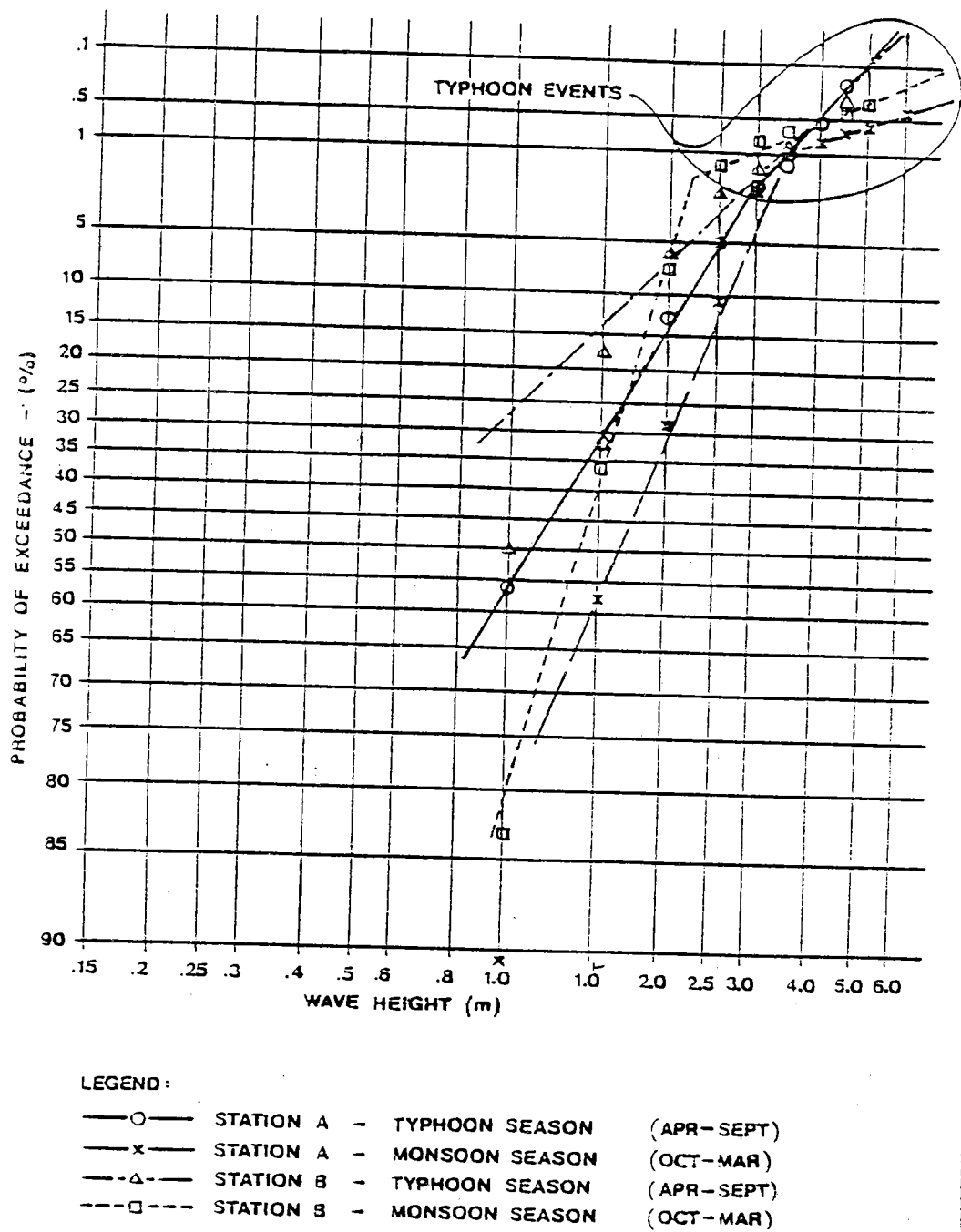


Figure 3-2 Wave Height Distribution

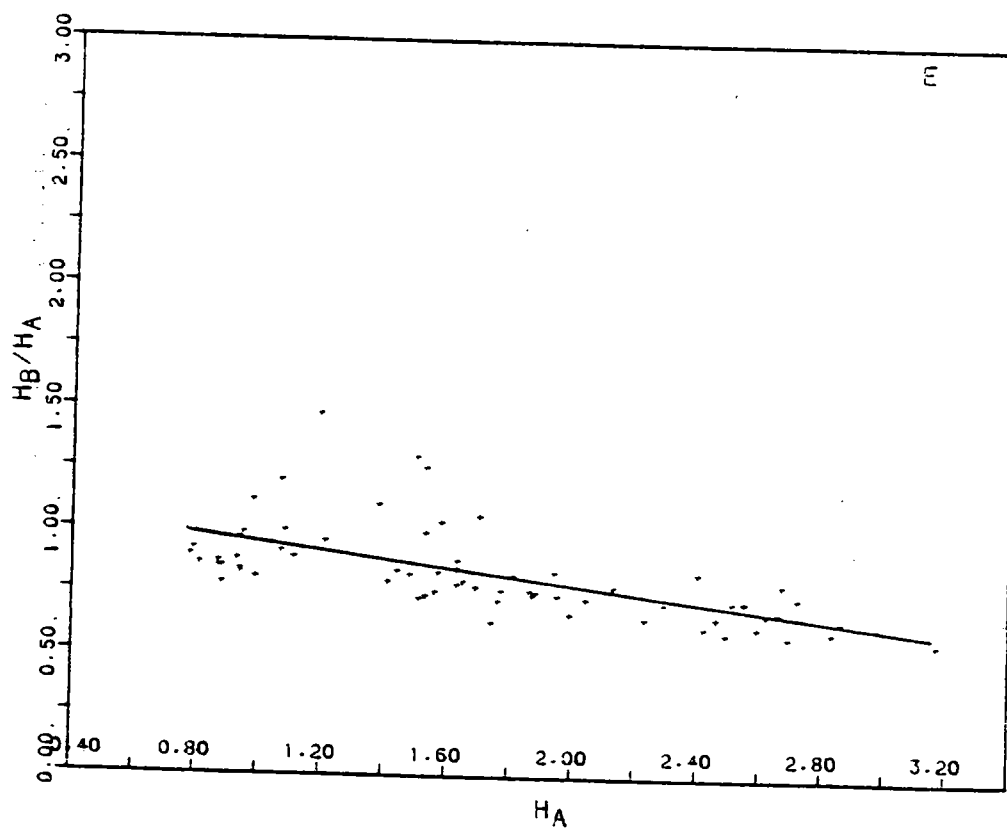
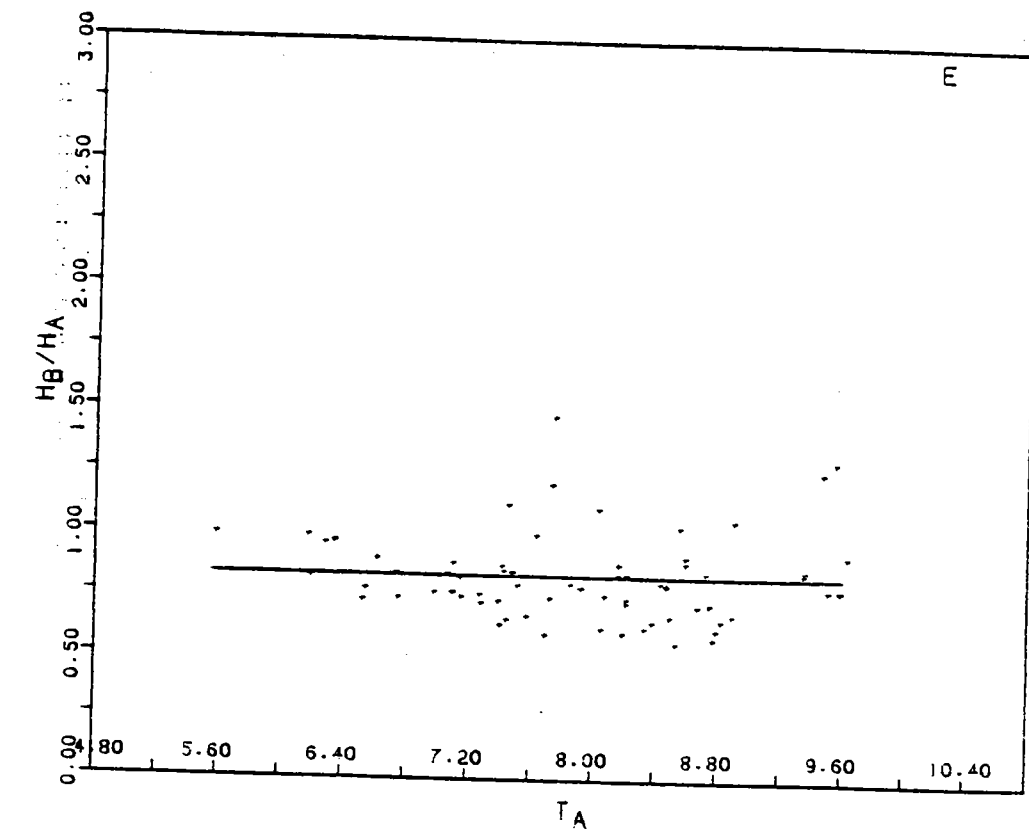


Figure 3-3(a) Wave Height Ratio Between Stations B and A (Prototype)

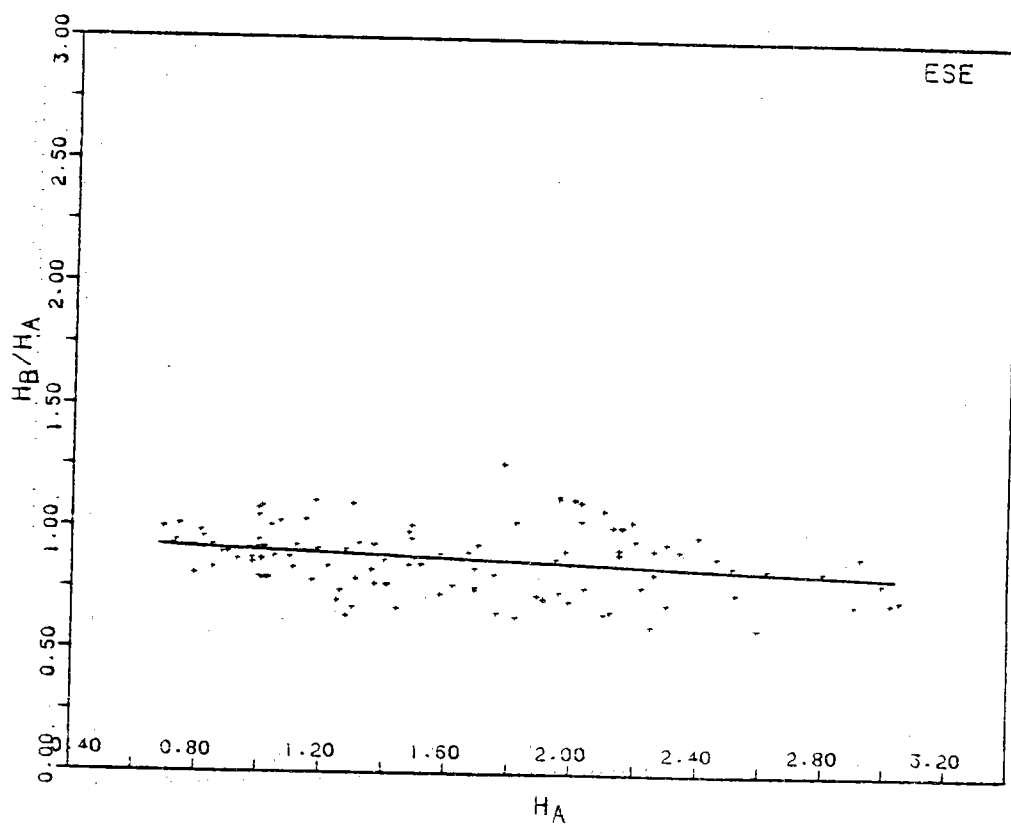
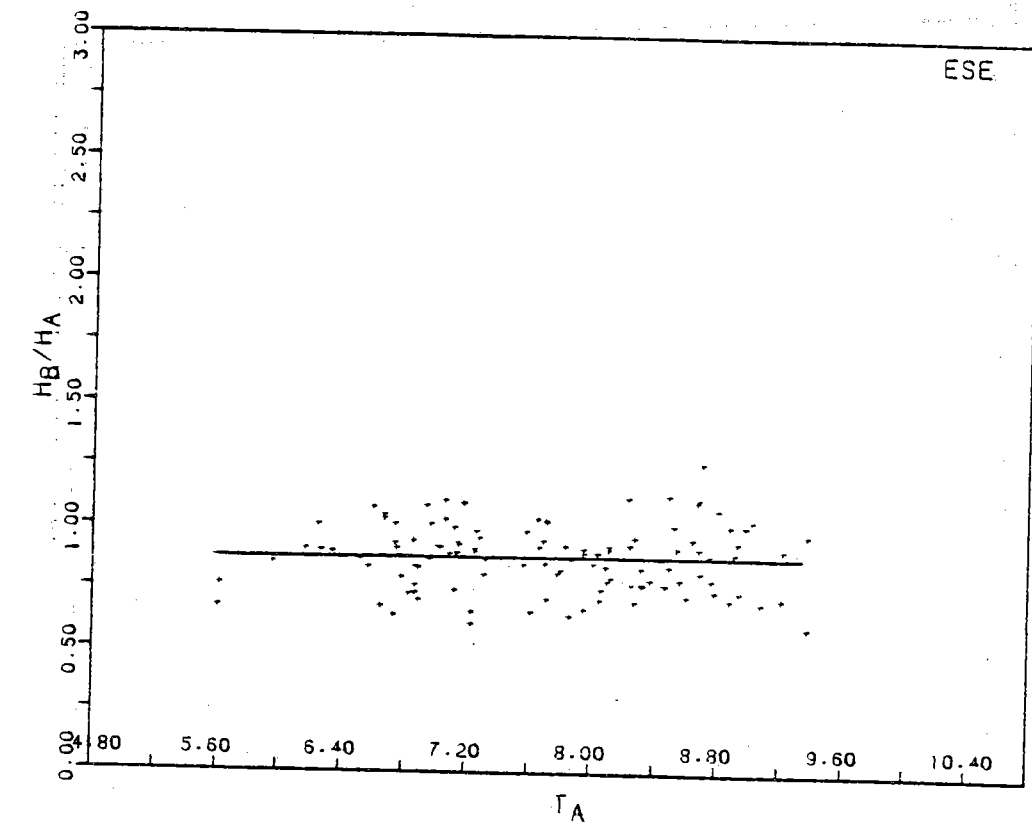


Figure 3-3(b) Wave Height Ratio Between Stations B and A (Prototype)

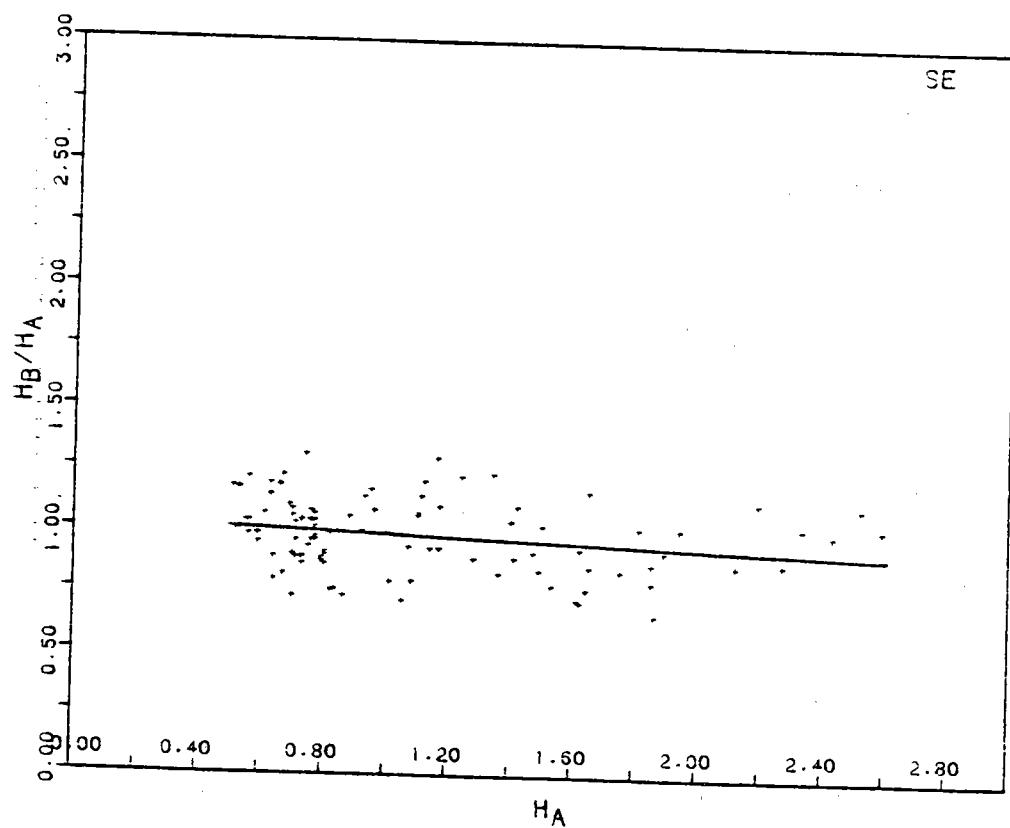
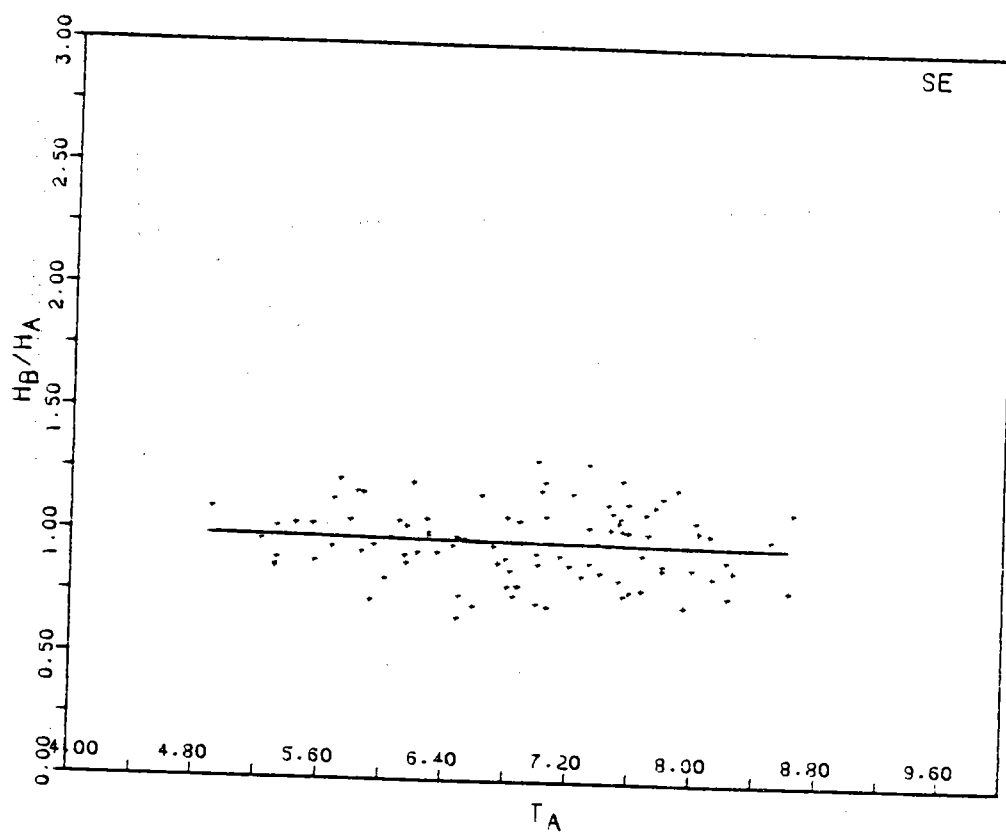


Figure 3-3(c) Wave Height Ratio Between Stations B and A (Prototype)

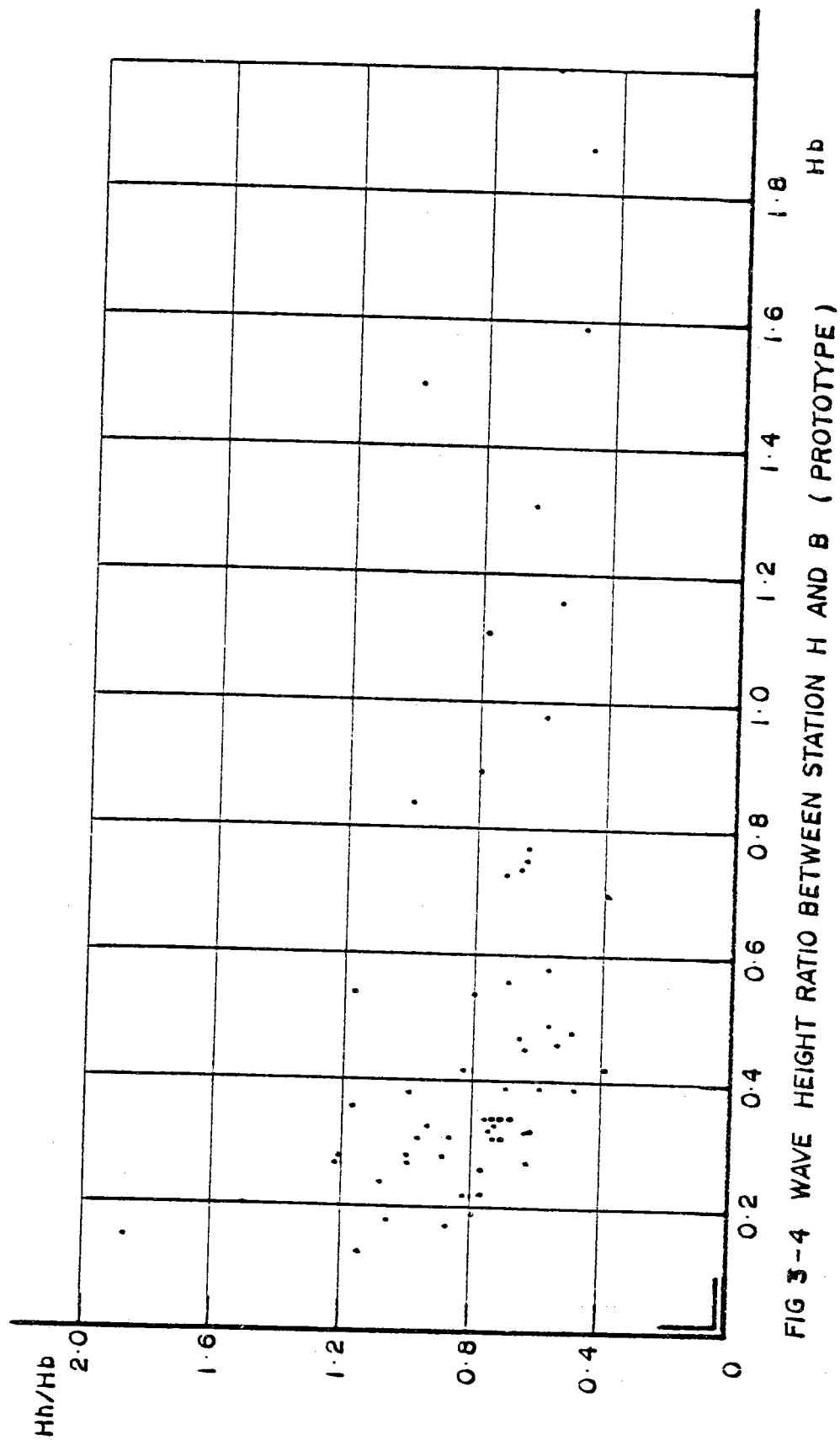
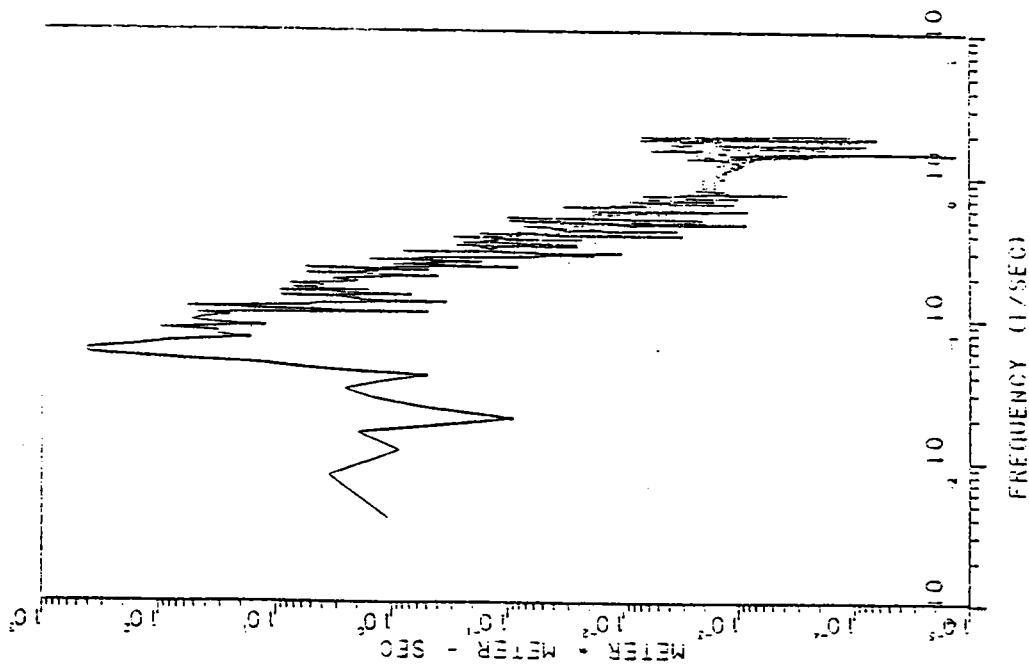


FIG 3-4 WAVE HEIGHT RATIO BETWEEN STATION H AND B (PROTOTYPE)

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

• DATE : 85/10/04
 • AREA : SU-AD HARBOR (A STATION)
 • DATA NAME : A10040430.000 (RAW DATA)
 • PEAK OF PERIOD : 17.07 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

• DATE : 85/08/23
 • AREA : SU-AD HARBOR (A STATION)
 • DATA NAME : A08230030.000 (RAW DATA)
 • PEAK OF PERIOD : 16.00 SEC

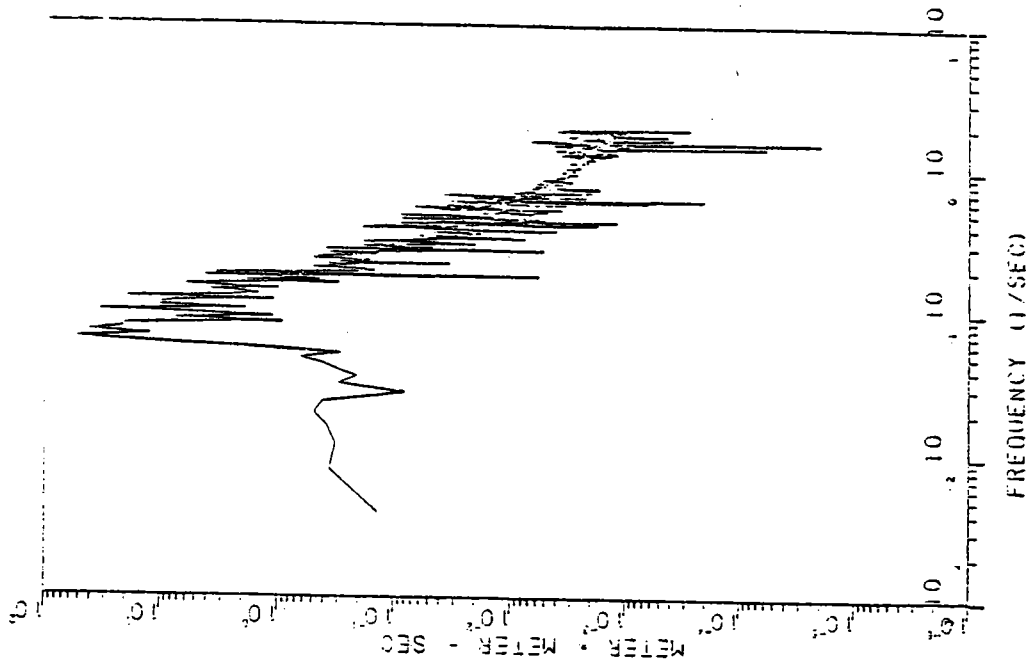
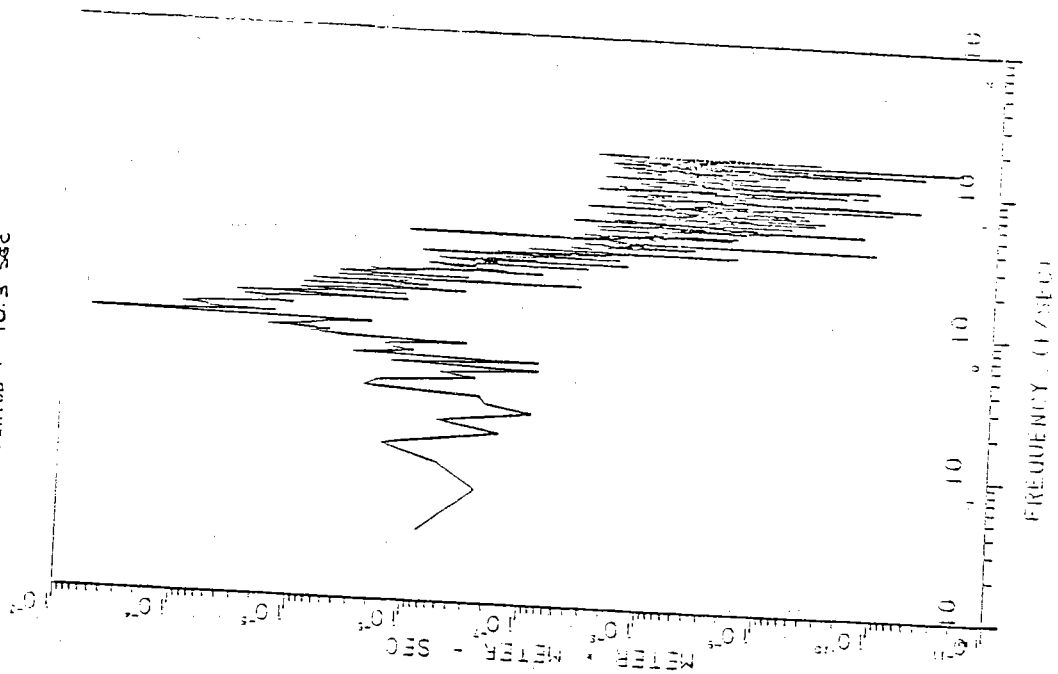


Figure 3-5(a) Wave Spectrum of Raw Data

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

• DATA : 85/02/14
 • AREA : SU-AD HARBOR (A STATION)
 • DATA NAME : HCA021010.DAT (RAW DATA)
 • PEAK OF PERIOD : 10.3 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

• DATE : 85/02/25
 • AREA : SU-AD HARBOR (A STATION)
 • DATA NAME : A022501.000 (RAW DATA)
 • PEAK OF PERIOD : 8.83 SEC

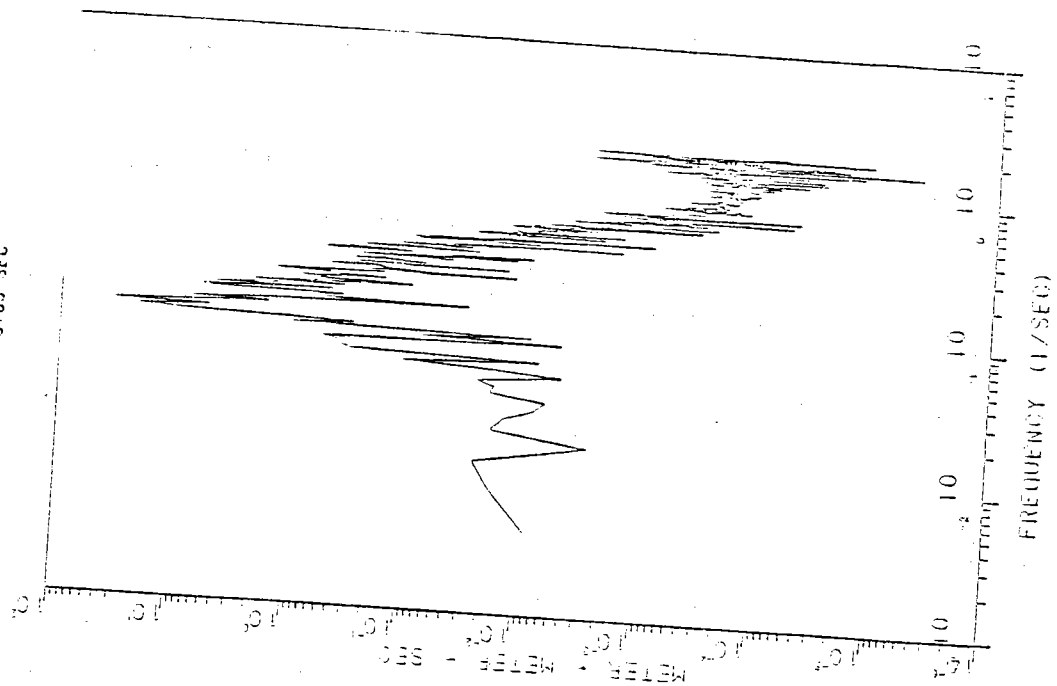


Figure 3-5(b) Wave Spectrum of Raw Data

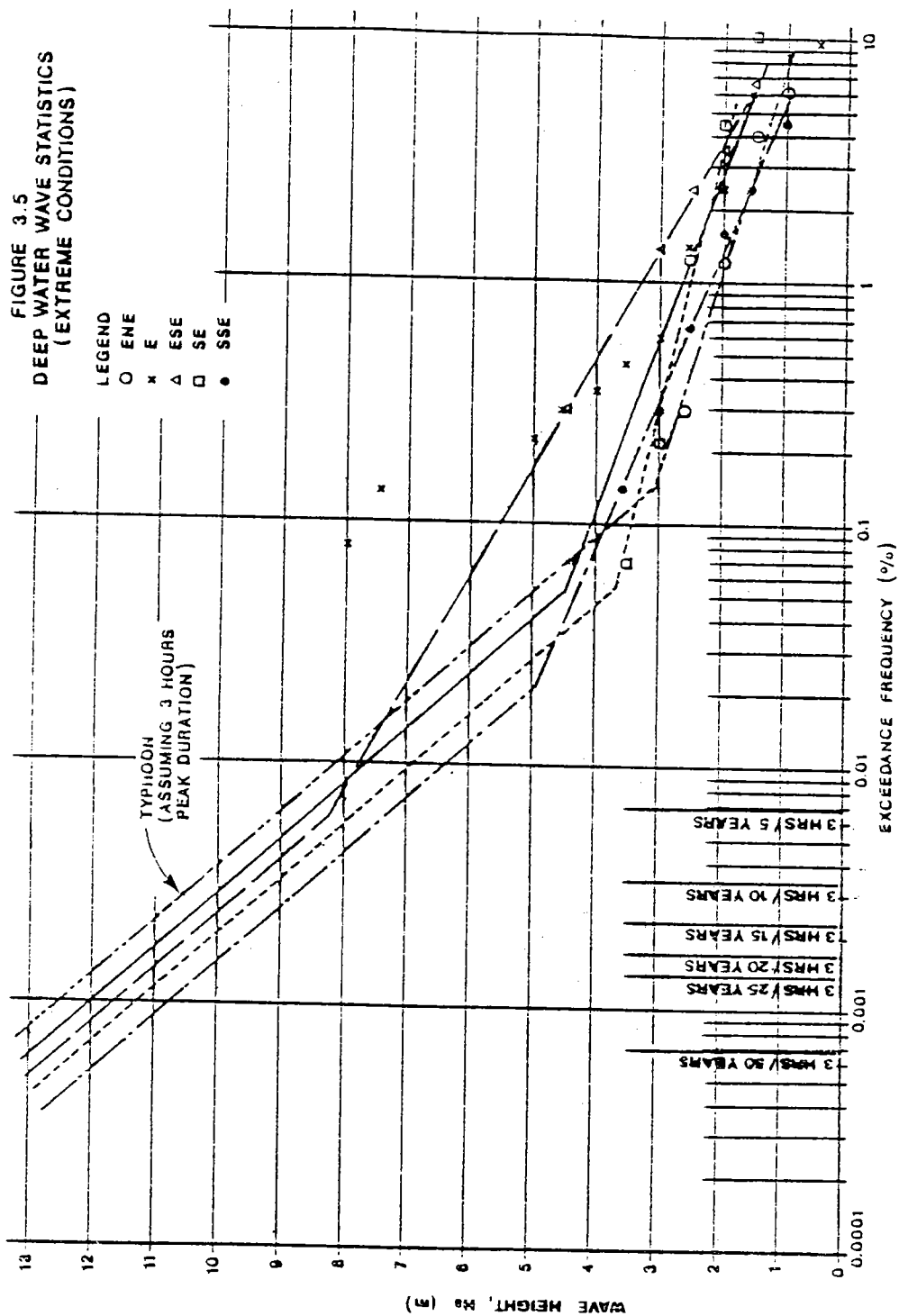


Figure 3-6 Wave Height Exceedance Frequency

Table 3-1 Statistical Wave Characteristics of Selected Storms

Duration (Y/M/D/H:M)	Type	Direction	Station	H _{max} (m)	T _{max} (m)	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (sec)	T _p (sec)	Remark
85/02/13/00 85/02/13/03	MONSOON	ENE	A	3.92	9.0	2.62	7.8	9.14	NELSON
			B	2.73	7.8	1.36	7.6	8.00	
85/02/14/00 85/02/14/03	MONSOON	E	A	4.30	7.6	2.49	7.7	8.00	
			B	2.55	7.7	1.48	7.3	8.00	
85/02/25/03 85/02/25/06	MONSOON	ESE	A	4.20	8.0	3.05	8.6	9.14	
			B	3.84	7.3	2.22	7.0	8.00	
85/08/23/00:30 85/08/23/01:00	Typhoon	SSE	A	8.92	11.5	5.27	12.3	12.80	
			B	5.93	13.8	4.10	12.8	12.80	
85/10/04/06:30 85/10/04/07:00	Typhoon	E	A	14.10	15.3	9.64	14.6	16.00	BRENDA
			B	14.77	14.3	7.99	14.5	16.00	

肆 模型

一 概述：

本章將討論模型製作、模型船、護舷及纜繩模擬、試驗技術、測量步驟、資料分析等。

二 模型製作：

蘇澳港地形及防波堤、碼頭等佈置如圖 4-1 依 1/100 縮尺製作於本所新建 $62^m \times 57^m \times 1^m$ 之水池上。

三 模型律：

採用等縮尺模型，線性縮尺 $L_r = 1/100$ ，時間及速度縮尺為 $1/10$ ，力之縮尺為 $1/1,000,000$ 。

四 造波機：

四組不規則波造波機，全長為 22^m ，可將現場波浪資料經由紙帶輸入在模型上重現，圖 4-2 為造波機示意圖及資料處理系統。

五 船模：

船模為 $100,000^{DWT}$ 散裝貨輪按 1/100 縮尺製作。滿載時船長 246 cm，船寬 38 cm，吃水深 21 cm， $GM = 3.5$ cm。

六 護舷及纜繩佈置：

護舷及纜繩佈置如圖 4-3，護舷模型如圖 4-4，護舷應力/應變曲線如圖 4-5。尼龍繩及鋼索應力/伸長量曲線如圖 4-6。表 4-1 為各種纜繩特性。

七 模型測量：

模型試驗測量項目包括波高、船體運動、纜繩及護舷受力等。每次試驗歷時 3 分 20 秒（相當於原型約 33 分），波譜分析時試驗 5 分鐘（約合原型 50 分鐘）。試驗資料每波道每秒取 30 至 40 個，所有資料均存入資料處理系統。

波高選擇 16 點辦理測量，其中三個波高計放置於造波板前水深 42^m 處，其所測得波高之平均值代表深海入射波高 H_{so} ，所有波高均以示性波高 H_s 表示，任意測點波高係數則為該點波高 H_{si} 與入射波高 H_{so} 之比值，即 $K = H_{si}/H_{so}$ 。

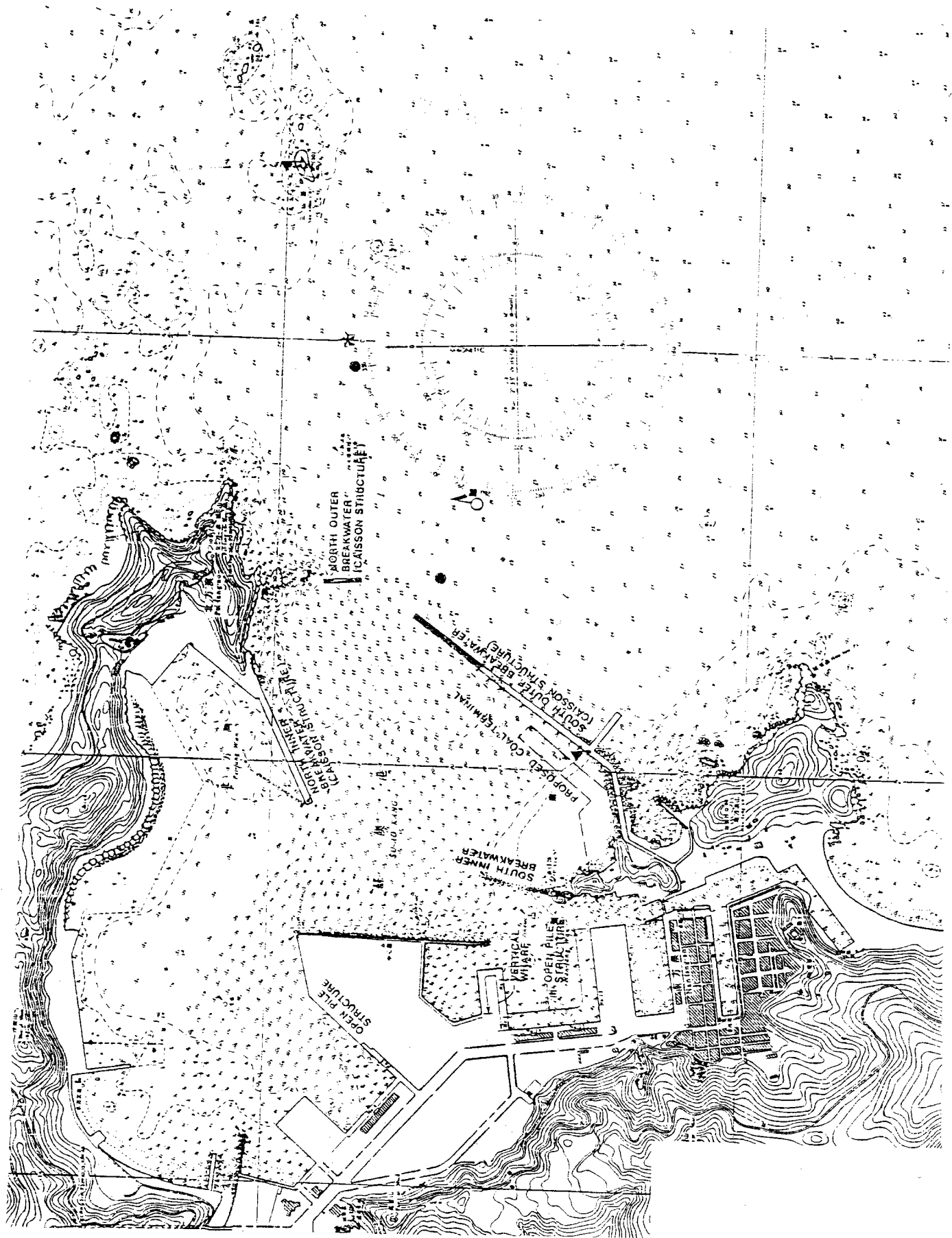


Figure 4-1 The Existing Su-Ao Harbour

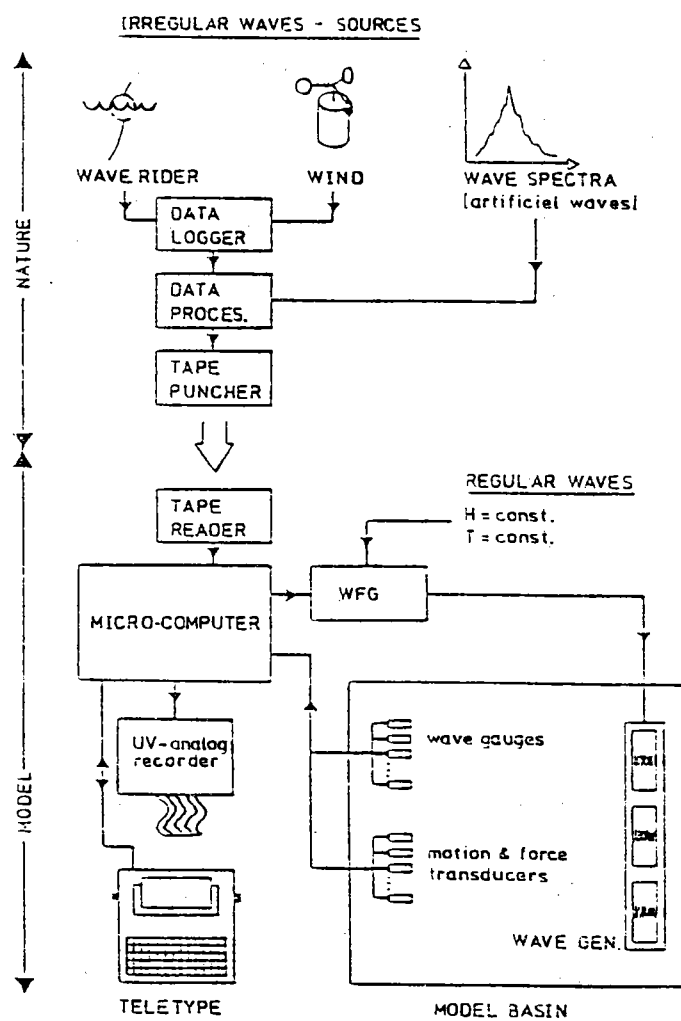


Figure 4-2 Wave Generator and Data Acquisition System

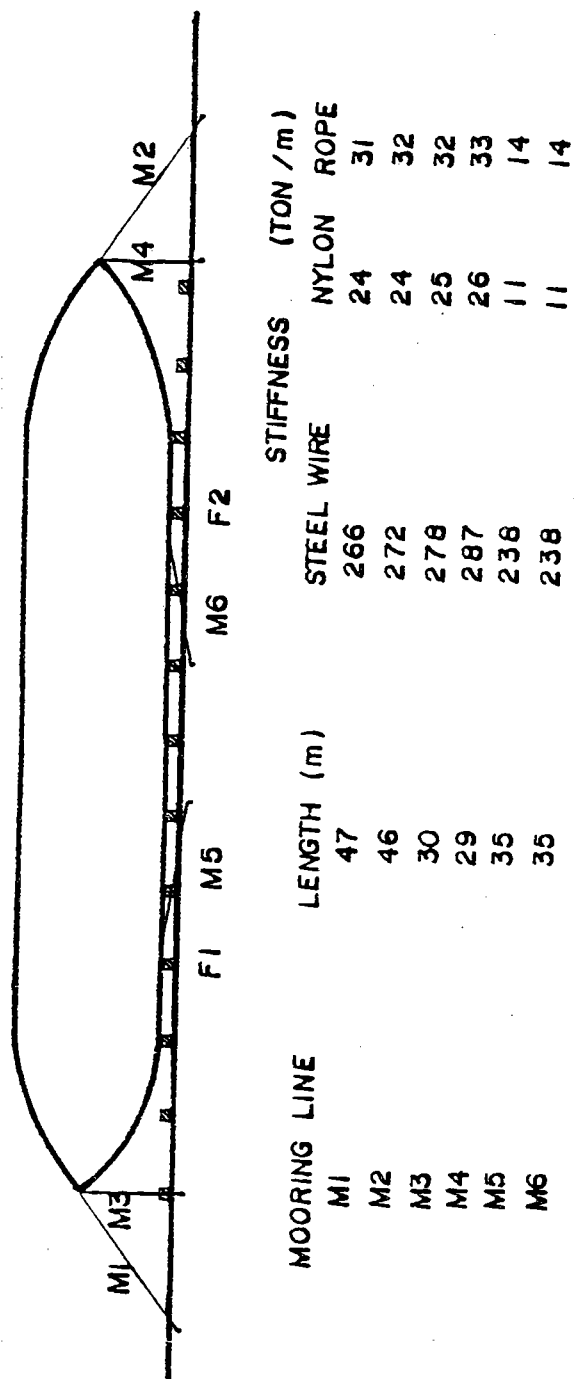


FIGURE 4-3 FENDER AND MOORING LINE ARRANGEMENT

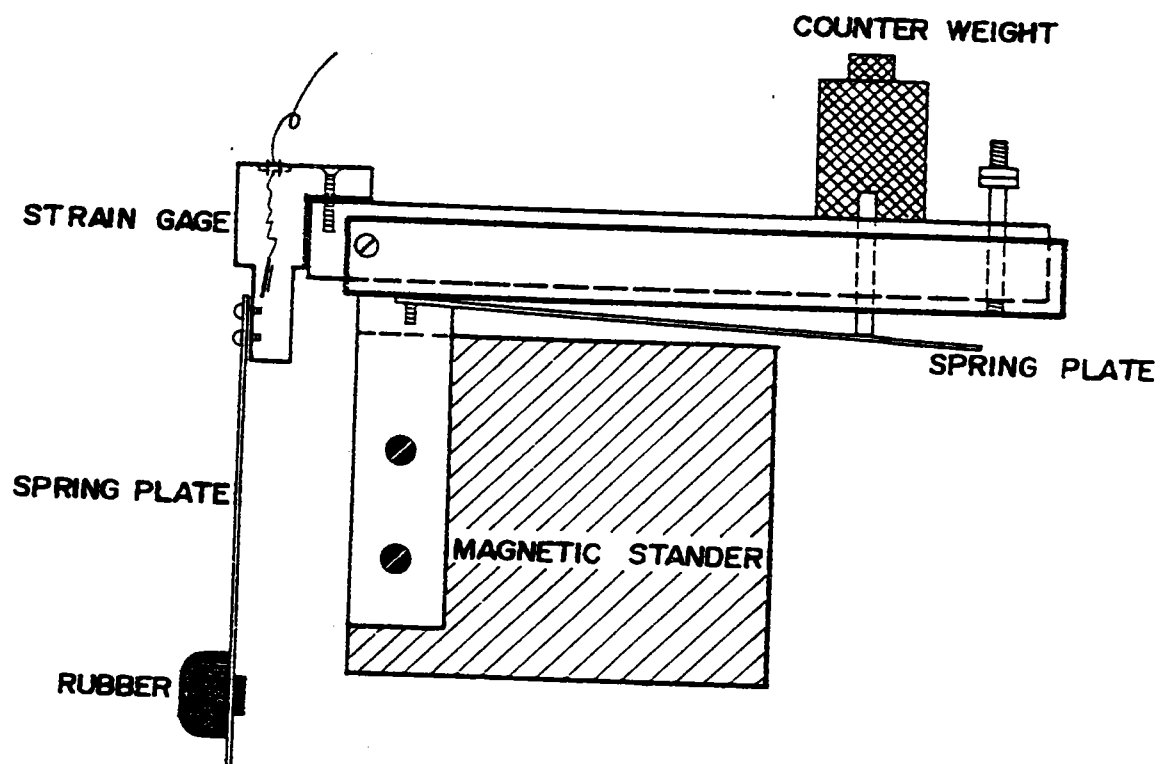


FIGURE 4 - 4 FENDED MODEL

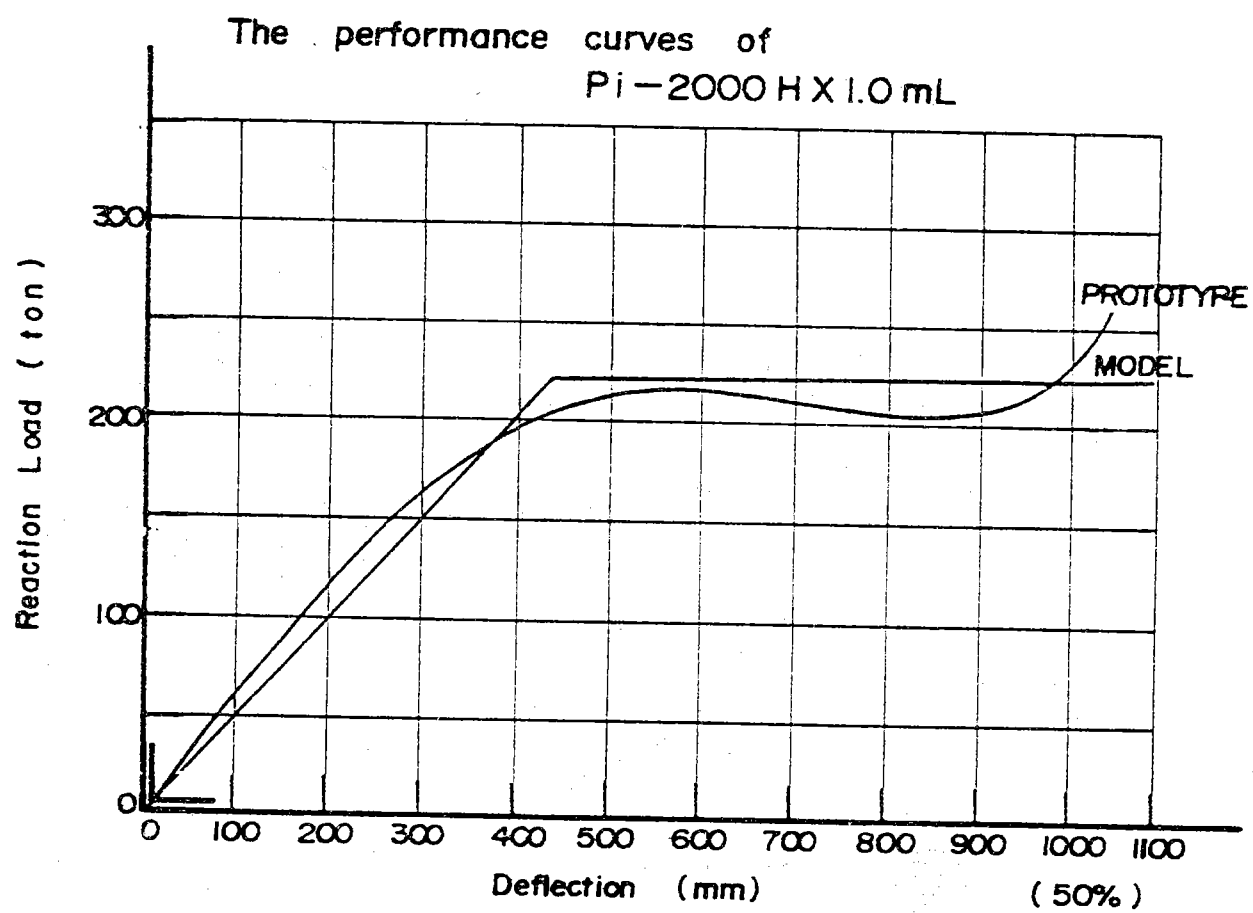


FIGURE 4 - 5 LOAD / DEFLECTION OF FENDER

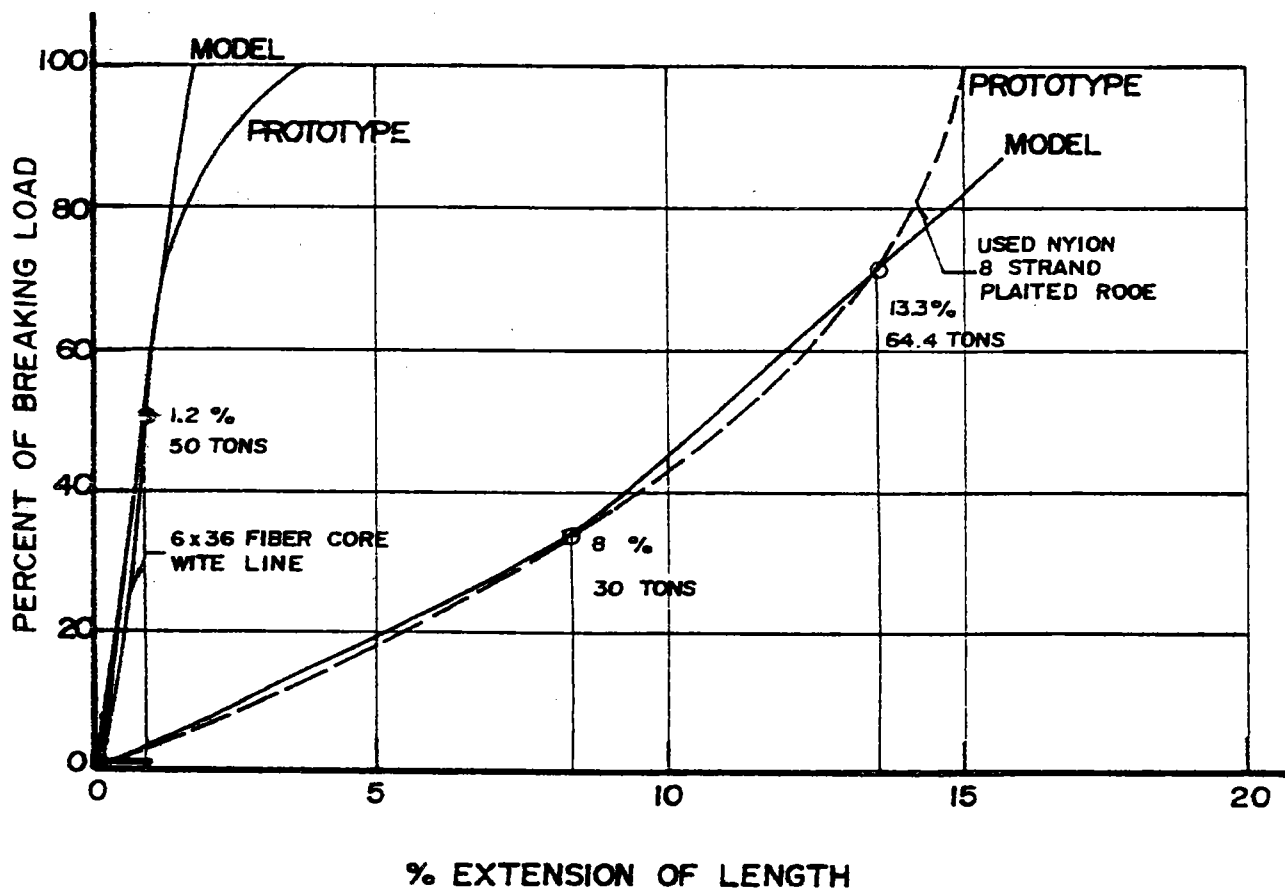


FIGURE 4-6 LOAD/DEFLECTION CURVES OF MOORING LINES

Table 4-1 LENGTH AND STIFFNESS OF MOORING LINES

Mooring Line	Length (m)	Stiffness (Ton/m)				Note
		Steel Wire	Nylon Rope		Steel Wire with 5m Tails	
			Less than 30T	greater than 30T		
Bow M ₁	47	266.0	23.5	30.7	130.4	
Stern M ₂	46	271.7	24.3	31.7	131.6	
Breast M ₃	30	277.8	25.0	32.2	105.3	
Breast M ₄	29	287.4	25.9	33.0	106.4	
Spring M ₅	35	238.1	10.7	13.7	99.0	
Spring M ₆	35	238.1	10.7	13.7	99.0	

船體運動測量包括縱移 (SURGE) , 橫移 (S WAY) , 起伏 (HEAVE) , 縱向伏角 (PITCH) , 縱向滾角 (ROLL) 及水平轉角 (YAW) 如圖 4-7 , 以每次試驗所得最大值加以分析。

纜繩及護舷受力分別以應變計加以測量, 每次試驗所得最大受力作為分析資料。

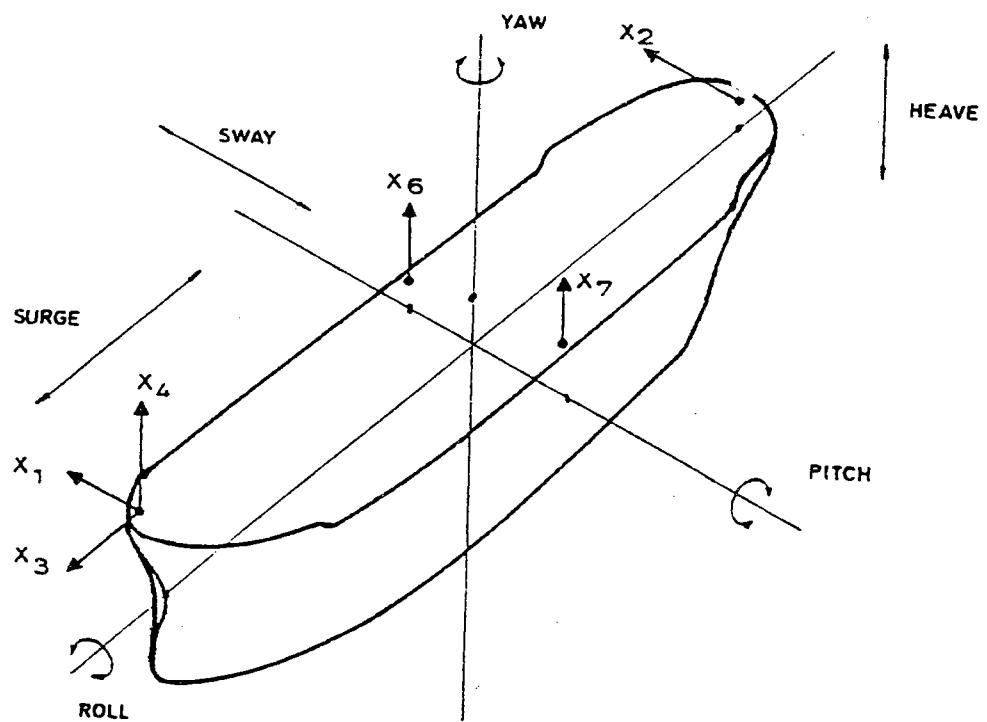


Figure 4-7. Component of Ship Movement

伍 模型校核及驗證

一 概述：

本計畫在辦理規劃佈置試驗之前先利用現場波浪觀測資料從事模型校核及驗證工作，並藉改變邊界條件，使原型水力特性在模型上重現。因現場觀測資料僅有A站與B站較為齊全，而未能取得A站與H站同時觀測資料，雖有B站與H站同時觀測波高但資料品質不理想。因此模型校驗非常困難。

二 波高分佈：

由E、ESE及SE向入射波浪，現場觀測及模型驗證A及B兩測站波高分佈如圖5-1。模型上波高分佈與現場觀測資料相當符合。原型波浪測站B與測站A波高比值， H_b/H_a 約為0.6至1.2，如圖3-3，而模型上比值約為0.7至1.2，如圖5-2。

三 測站B與測站H波高比值：

現場調查H及B兩測站波高比值為0.6至1.2，如圖3-4；而模型試驗所得H及B測站波高比值僅為0.08至0.17，現場資料顯示H及B站波高比高得不合理。為了解邊界改變能否提高模型上 H_h/H_b ，本所幾乎想盡一切方法，但仍然無效。

為何造成如此差異？主要是因現場調查採用NBA水底波壓式波高計，B站水深約2.4m，觀測期間85%以上波高均小於1.0m。在此情形下B站所測得波高其準確度實在值得置疑。因為未能取得更可靠資料，模型驗證工作就此結束。

四 波譜：

模型上由不規則波造波機所重現之波浪能譜如圖3-5，尖峯週期能量約為長週期波能量之二階，而現場波浪則約為三階。

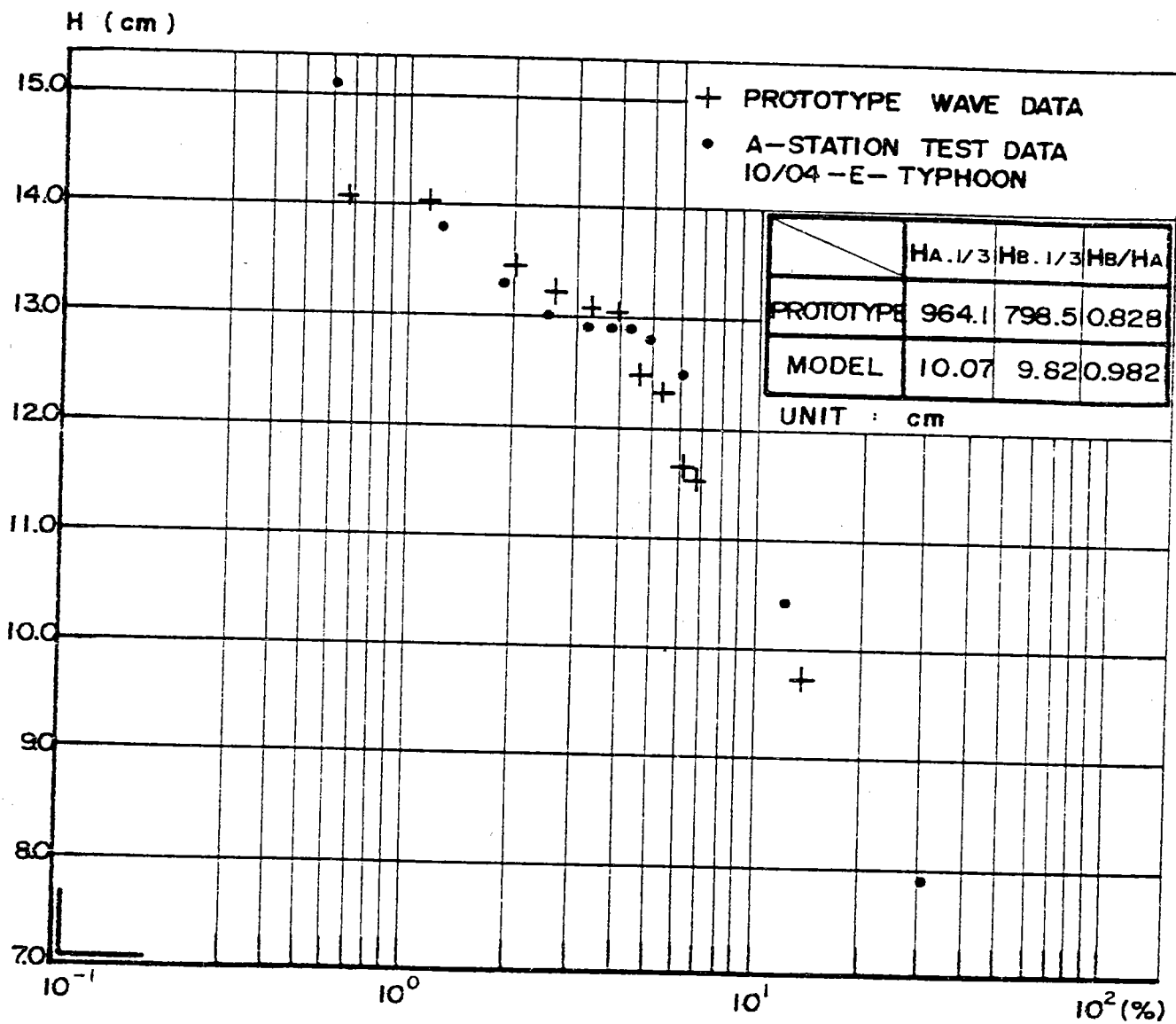


FIGURE 5-1 (a) WAVE HEIGHT DISTRIBUTION — PROTOTYPE AND MODEL

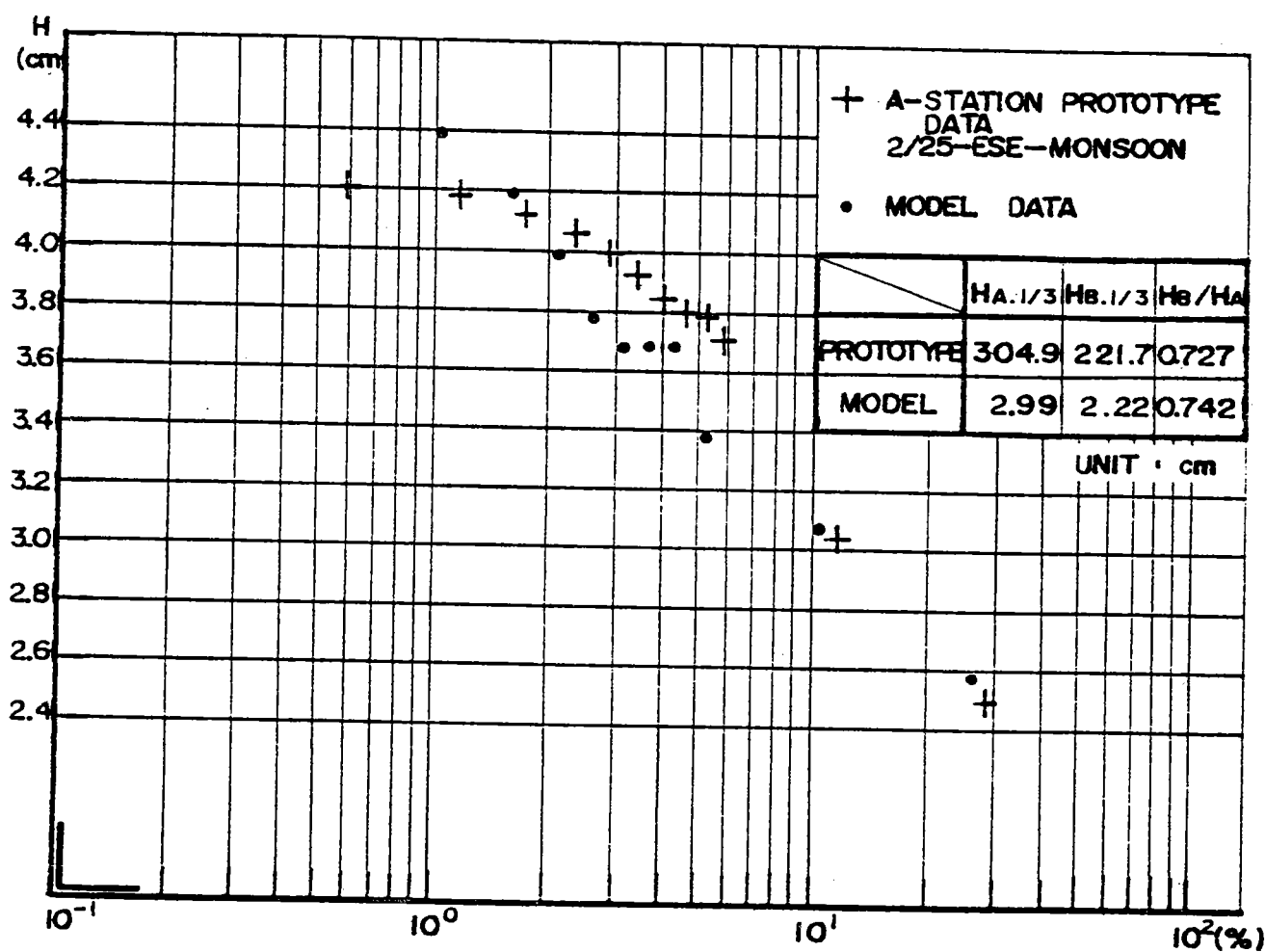


FIGURE 5-1 (b)

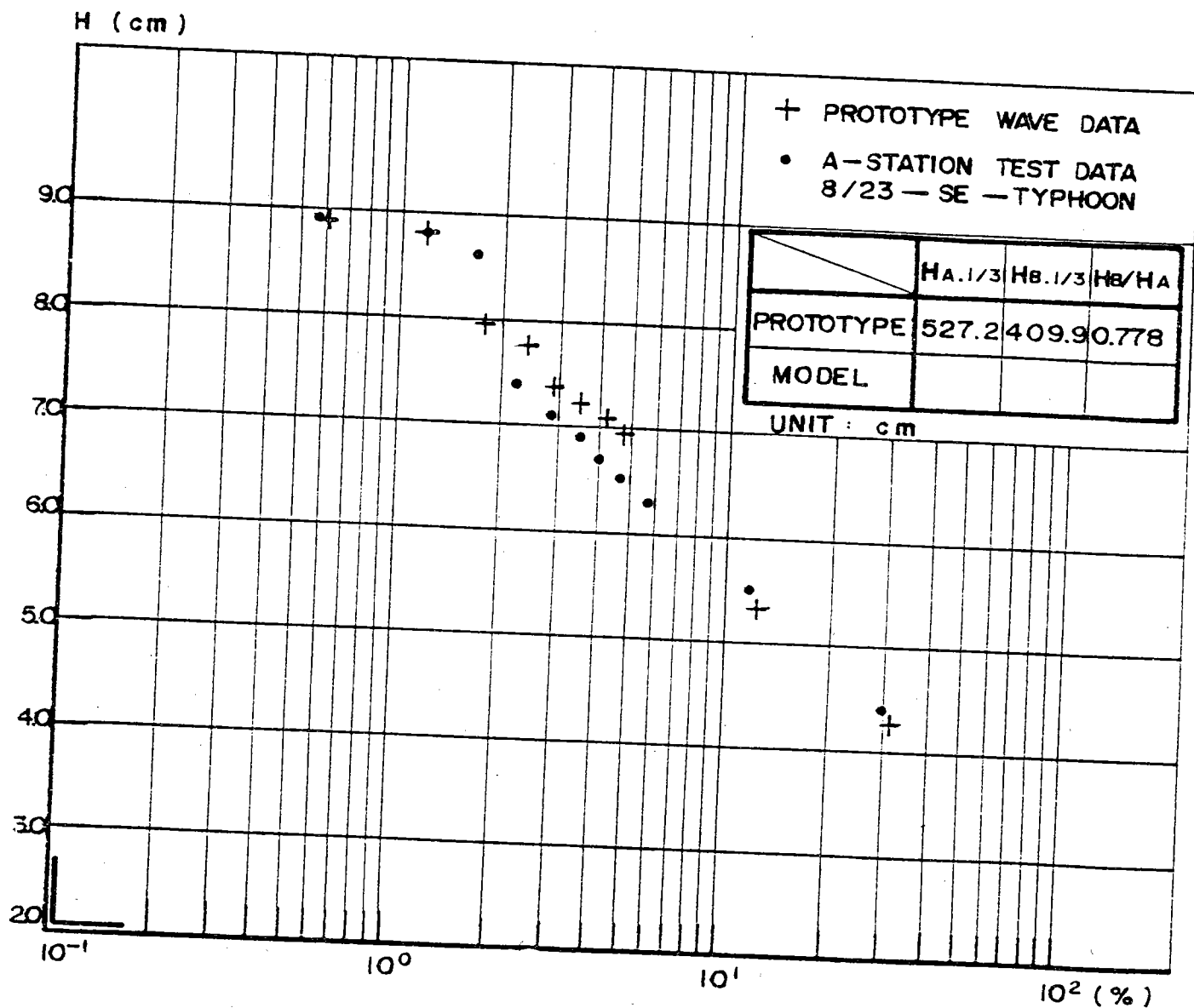


FIGURE 5 -1 (c)

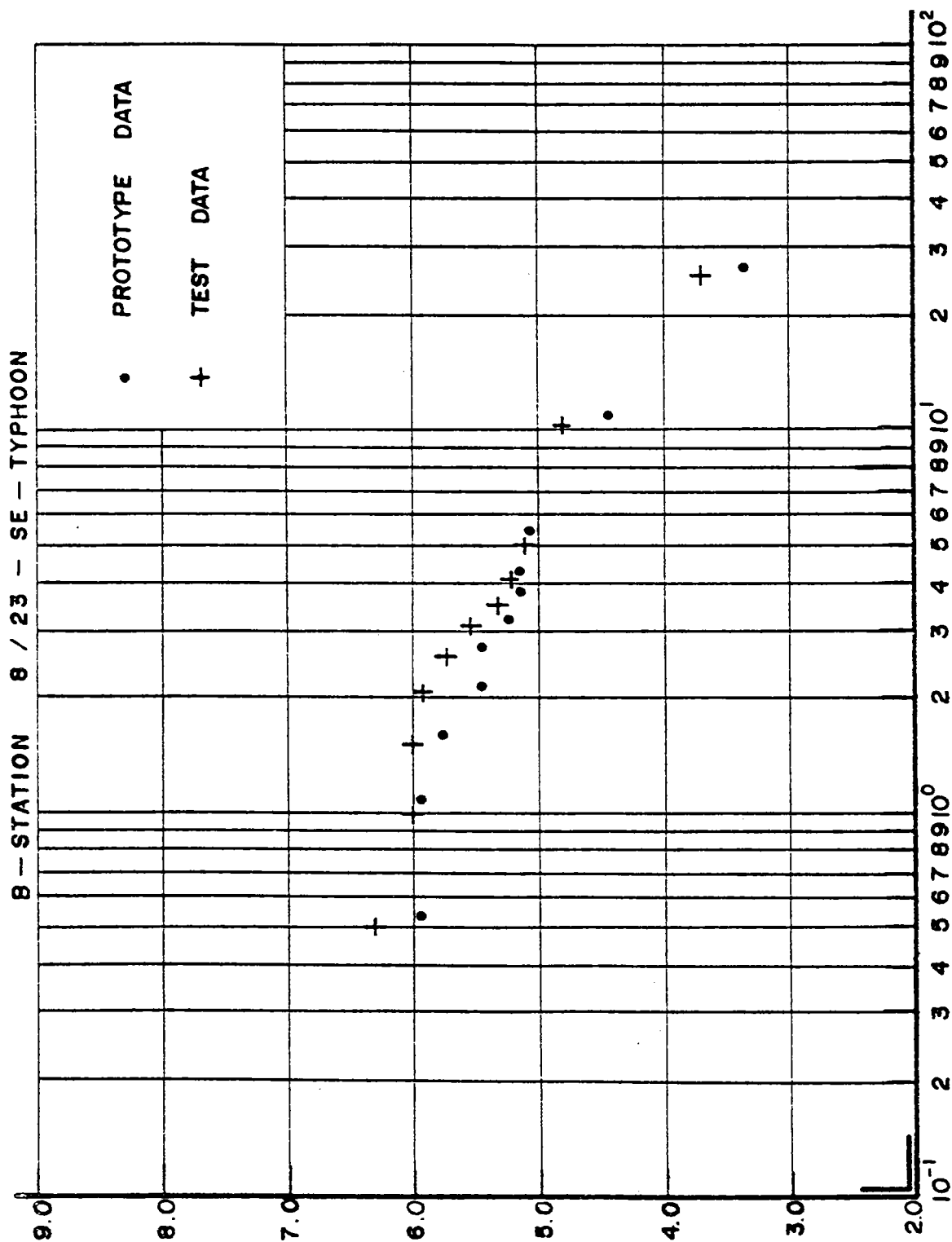


FIGURE 5 - 1 (d)

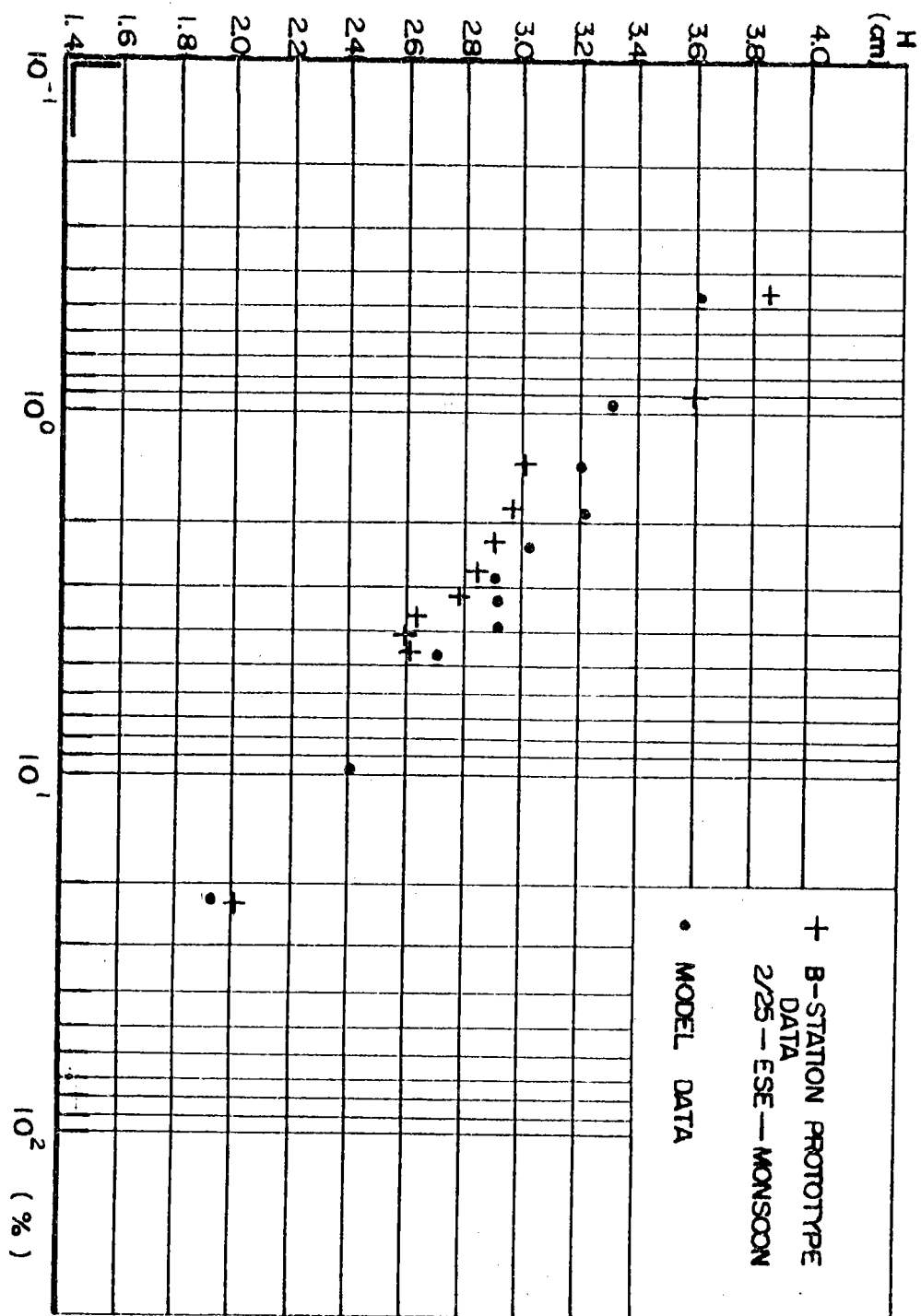


FIGURE 5-1 (e)

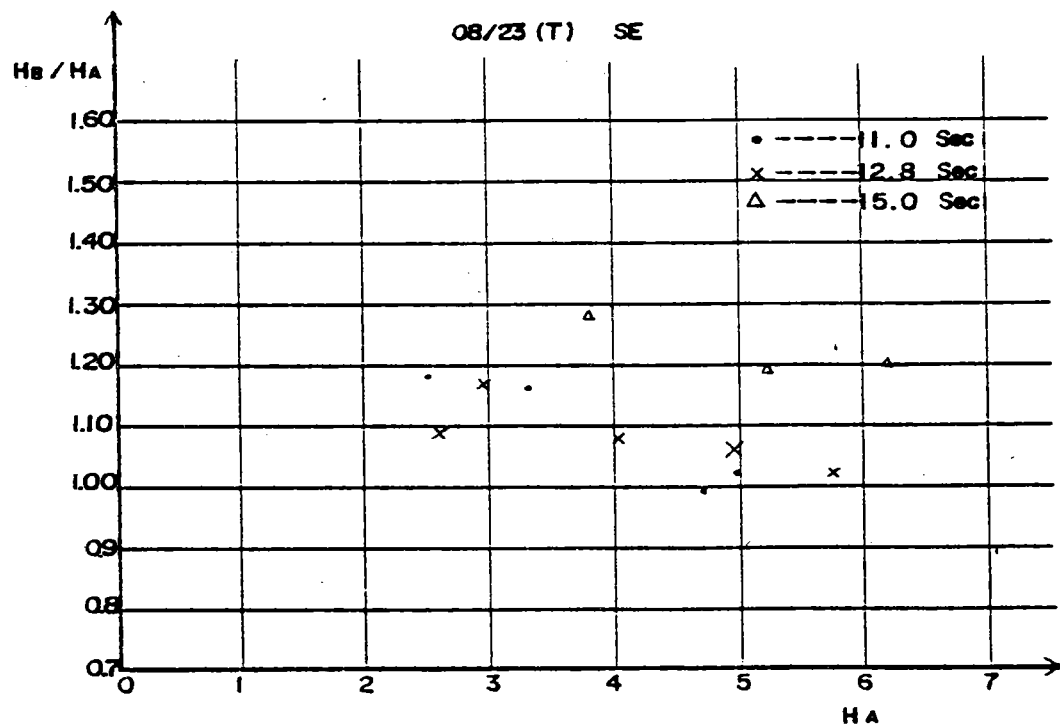
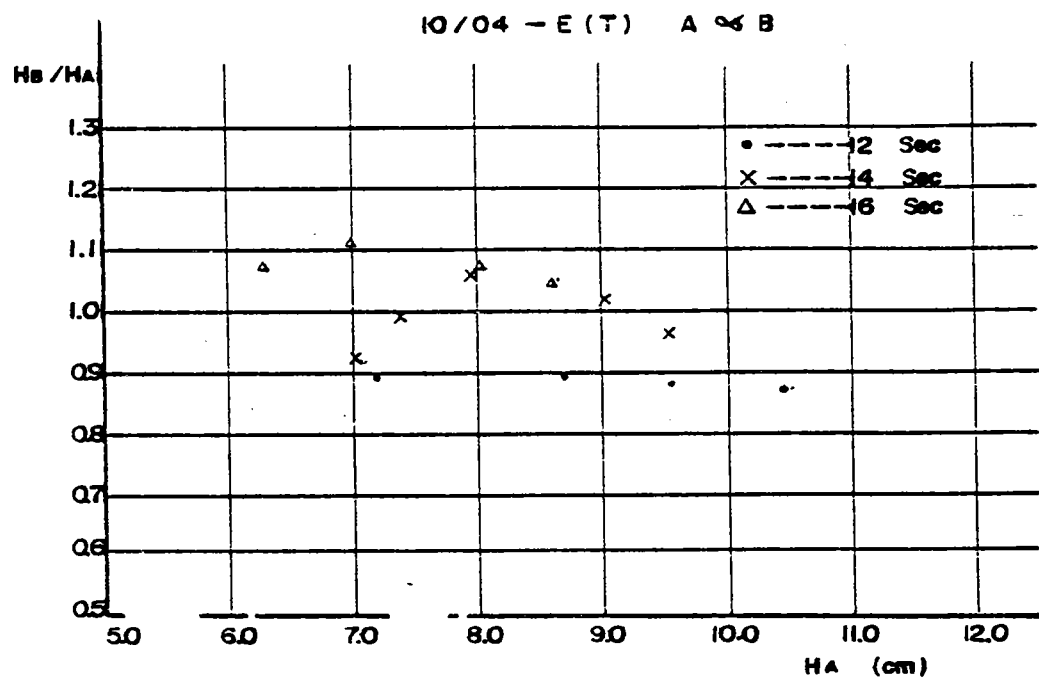


FIG 5-2 (a) WAVE HEIGHT RATIO BETWEEN STATION B AND A (MODEL)

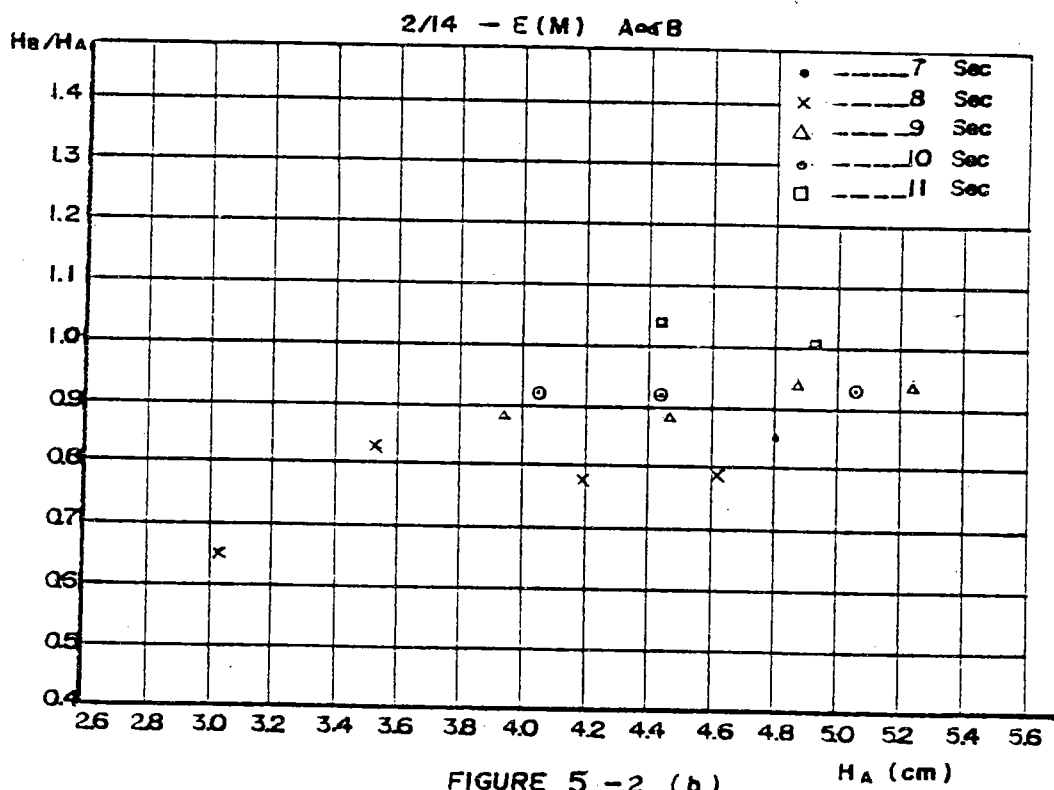
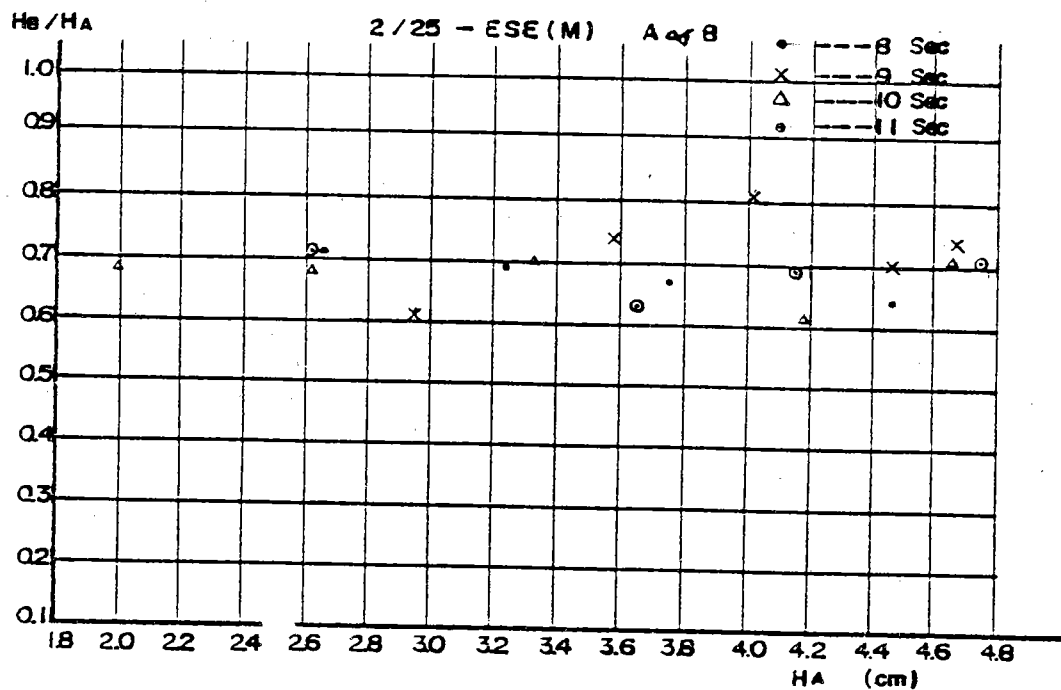


FIGURE 5 - 2 (b)

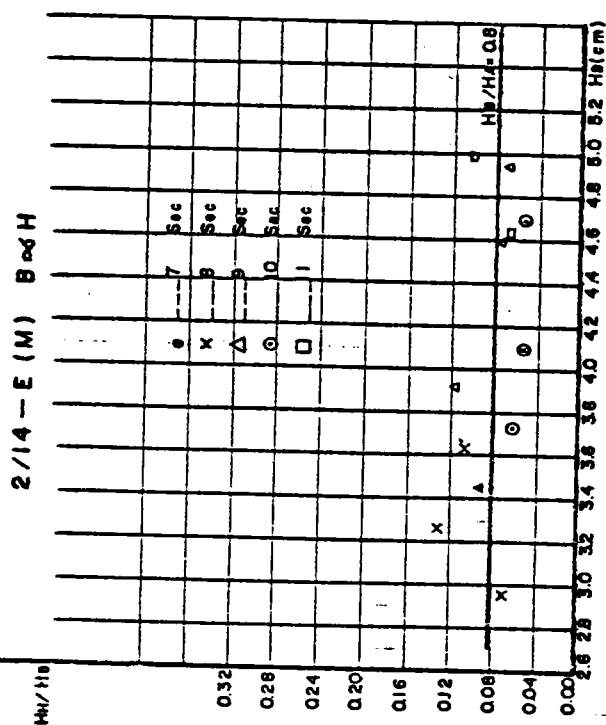
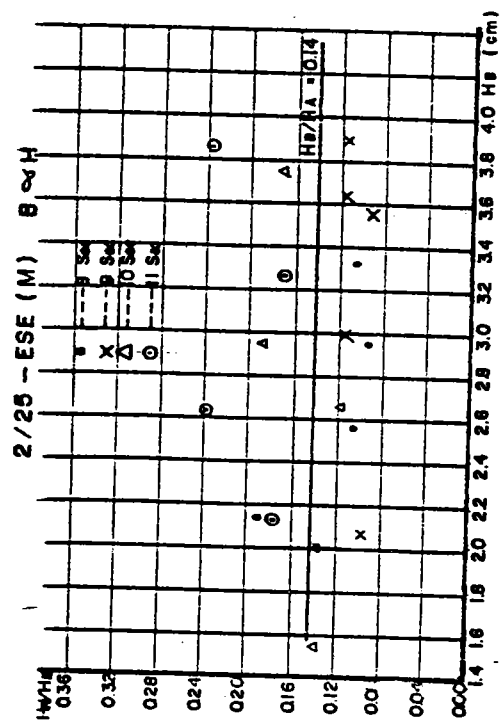
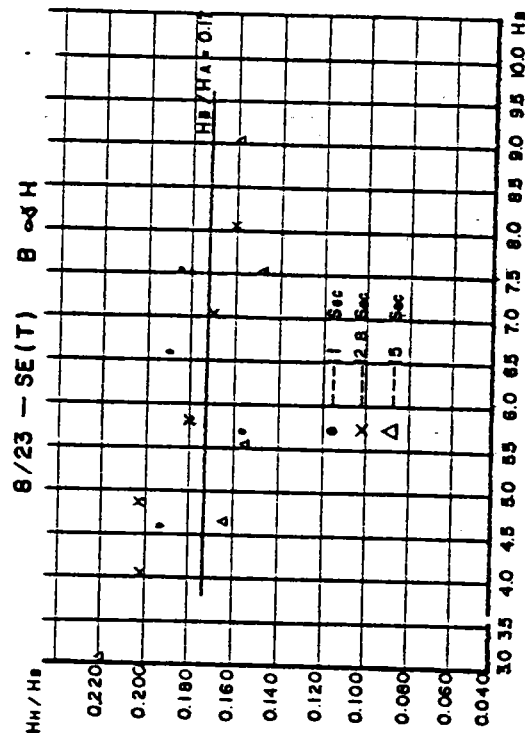
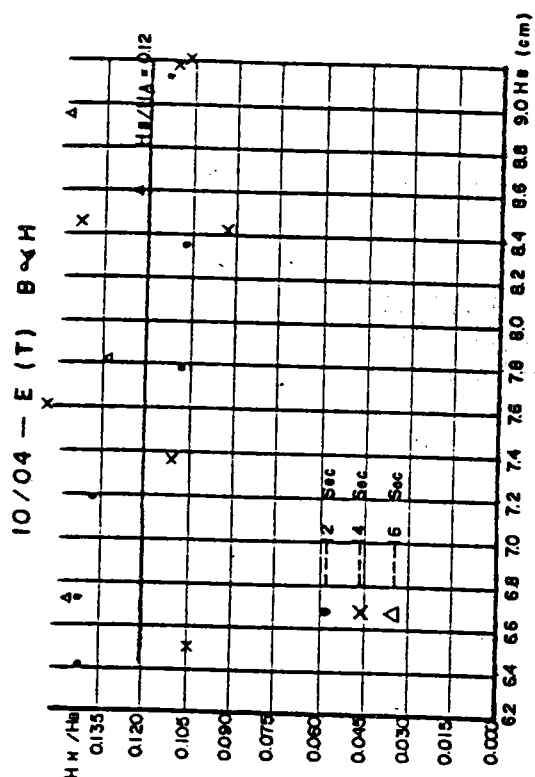
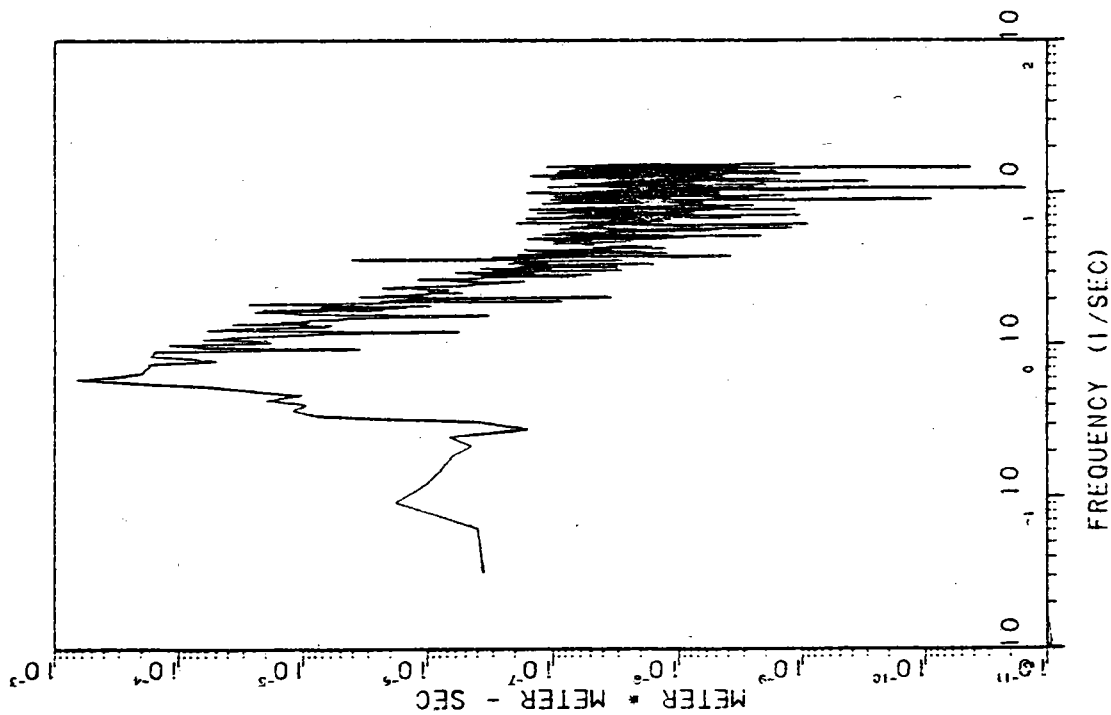


FIGURE 5-3 WAVE HEIGHT RATIO BETWEEN STATION H AND B (MODEL)

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

- DATE : 85/10/04
- DATA TYPE : 50-A0 HARBOR (STATION A)
- DATA NAME : 5E141.000 (MODEL CH = 1)
- PEAK OF PERIOD : 1.68 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

- DATE : 85/05/23
- DATA TYPE : 50-A0 HARBOR (STATION A)
- DATA NAME : 5E123.000 (MODEL CH = 2)
- PEAK OF PERIOD : 1.60 SEC

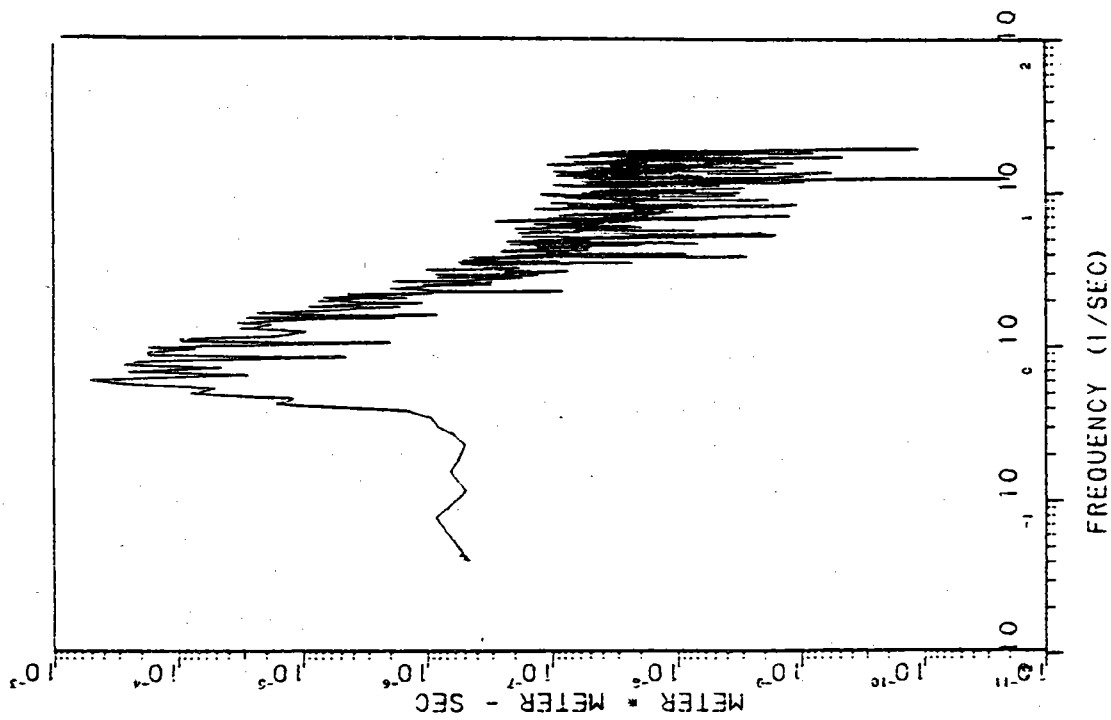
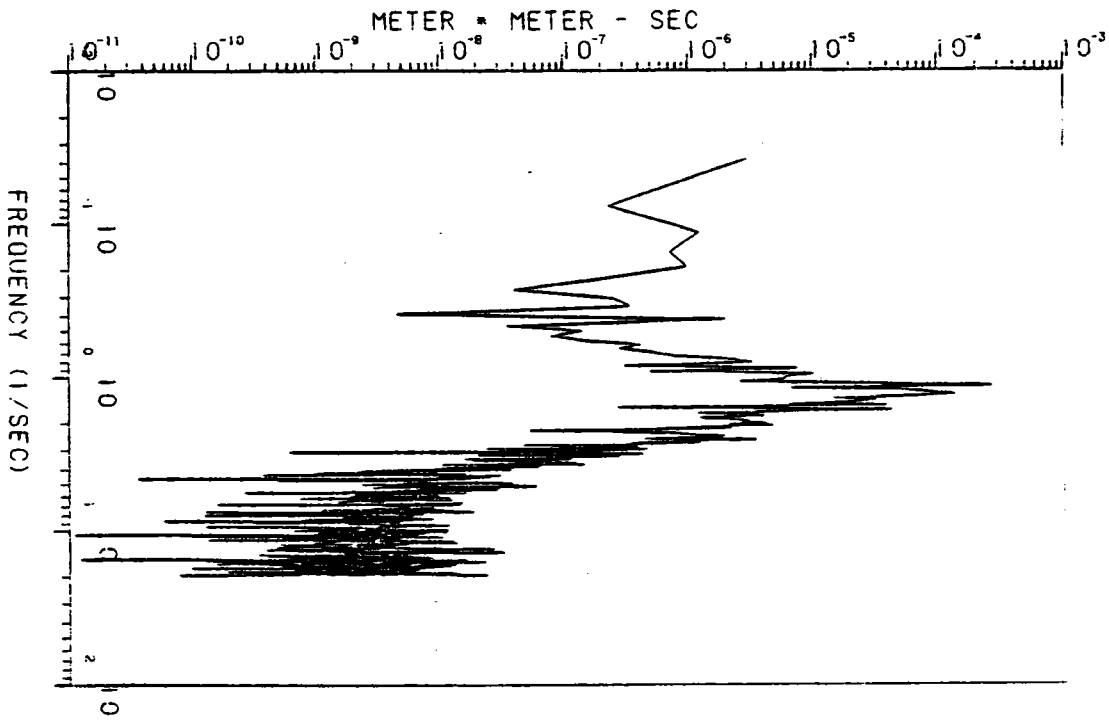


Figure 5-4(a) REPRODUCE MODEL WAVE SPECTRUM

SPECTRAL DENSITY FUNCTION
 * DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL , CH NO. : 02
 * DATA NAME : 2CSE82.000 READ SPD = 40
 * PEAK OF PERIOD : 0.95 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION
 * DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL , CH NO. : 2
 * DATA NAME : 2BSE102.000 READ SPD = 32
 * PEAK OF PERIOD : 1.07 SEC

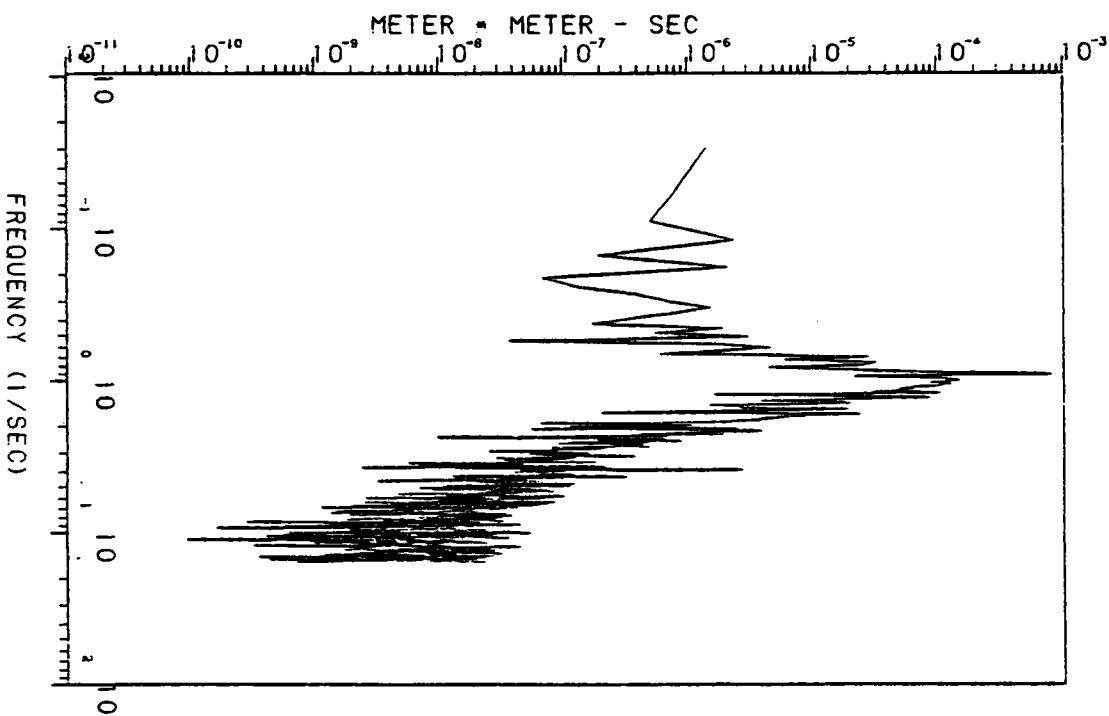


Figure 5-4(b) REPRODUCE MODEL WAVE SPECTRUM

陸 試驗結果

一 試驗計畫

本試驗可分為兩個階段，第一階段採用之試驗波高偏大，試驗水位為 $+2.25^m$ ，碇靠船模纜繩未加預拉力，碼頭佈置方向略有偏差。試驗所得資料，除波高外，顯得稍為散亂。經於八月四日及五日兩天與加拿大 Swan Wooster 丹麥 DHI，台電公司與中華顧問工程司等檢討後，研定第二階段試驗計畫。

第二階段試驗可分為三個部份。第一部份為內港碼頭案試驗，本試驗主要目的在決定北外防波堤是否需要興建；如果需要、則長度如何？試驗結果作為選定訂案佈置之依據。第二部份為防波堤碼頭案試驗，內港碼頭案因需興建長達五公里多之運煤輸送帶，為了解卸煤碼頭興建於北外堤內側可行性，辦理本佈置試驗。第三部份為訂案佈置試驗，綜合試驗結果選擇佈置 1 辦理訂案試驗。

根據加拿大 Swan Wooster 公司統計現場波高，週期分佈如表 6-1。

第二階段試驗計畫，試驗佈置與條件如附表 6-2。

二 船隻不能作業準則

依據台電顧問公司 Swan Wooster 所提船隻不能作業標準決定於碇靠船隻運動及纜繩受力

1. 運動

MOTION ITEM	Surge(m)	Sway(m)	Heave (m)	Yaw (o)
Amplitude	± 1.5	± 1.0	± 0.5	± 0.25
Total	3.0	2.0	1.0	0.5

Table 6-1 Statistical Distribution of Wave Heights and Periods

Hs Ts	Hs (m)														
	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
2															
3															
4	1	5													
5	15	14	1												
6	37	72	50	6											
7	45	164	182	60	10										
8	6	113	202	164	58	19	2								
9		15	60	74	49	18	5	1							
10		2	12	23	27	8	2	1							
11			14	6	7	2		2	1						
12				6		3					1				
13									1	1				1	
14												1			1
15															1
>15															

Table 6-2 SUMMARY OF THE TEST CONDITIONS IN THE SECOND STAGE

ITEM	TEST STEP	INNER HARBOUR TERMINAL	BREAKWATER TERMINAL	FINAL LAYOUT
Coal Terminal		Along the inner side of the South Outer Breakwater	Along the inner side of the North Outer Breakwater	Along the inner side of the South Outer Breakwater
North Inner Breakwater W/WT Absorbing Structure		without	without	without
South Outer Breakwater W/WT Absorbing structure		without	with and without	without
Length of North Outer Breakwater (m)		0, 850, 1250, 1650, 2050	1400, 1600, 2200, 1500	0
Loading Conditions F/P		full	full and partial	full and partial
Mooring Systems, Steel/Nylon		steel wire	steel wire	nylon, steel, steel with tails
Wave Directions		SE, ESE, E	SSE, SE, ESE	SSE, SE, ESE, E
Wave Heights, Hs (m)		2.5, 3.5, 4.5	2.5, 3.5, 4.5, 6~8.0	2.5, 3.5, 4.5
Wave Periods, Tp (sec)		8, 10, 12, 14	8, 10, 12, 14	8, 10, 12, 14
Wind Forces				
Elevation of the Quay (m)		+5.0	+5.0	+5.0
Water Level (m)		+1.33	+1.33	+1.33
Note				steel, steel with tails tested 7 runs only.

2. 纜繩拉力：超過極限應力30. %

	Bow Line (3 Lines) (TON)	Stern Line (3 Lines) (TON)	Spring Line (2 Lines) (TON)	Breast Line (2 Lines) (TON)
37.5 ^{mm} ϕ Steel Wire	78	78	52	52
75 ^{mm} ϕ Nylon Rope	96	96	64	64

三 船隻疏散準則

船隻離港避災決定於纜繩拉力與護舷壓力

1. 纜繩拉力：超過極限應力50. %

	Bow Line (3 Lines) (TON)	Stern Line (3 Lines) (TON)	Spring Line (2 Lines) (TON)	Breast Line (2 Lines) (TON)
37.5 ^{mm} ϕ Steel Wire	129	129	86	86
75 ^{mm} ϕ Nylon Wire	162	162	108	108

2. 護舷壓力超過 220 tons / fender

特別強調的是，纜繩拉力或護舷壓力可能未達疏散標準，但船隻運動已造成安全顧慮，在容許出港條件下，船長或港務局應決定是否出港避難。任何建港前之評估均比不上船長在船上切身之判斷。

四 波浪公佈

1. 內港碼頭佈置模型試驗波高計公佈如圖 6-1，港口迴船池及碼頭前水域波高係數如表 6-3。SE 及 ESE 向波浪作用時，各種不同防波堤長度波高係數變化如圖 6-3 及 6-4。波高係數隨防波堤增長而減小。針對 SE 向而言防波堤長度自 850^m (2D) 增長為 1650^m (2B) 時，波高係數急遽減小，再延長時，並無多大改善。ESE 向亦有相同之趨勢。各種不同之入射波，波高係數如圖 6-5。
2. 防波堤碼頭佈置模型試驗波高計分佈如圖 6-2。迴船池及碼頭前水域測點波高係數如表 6-4。各種不同防波堤長度測點波高係數變化如圖 6-6 及 6-7。南外堤外側拋放消波塊對消滅波浪效果不如預期理想。北外堤長度由 1650^m (2B) 增加為 2050^m (2A) 對迴船池及碼頭前波浪穩靜並無顯

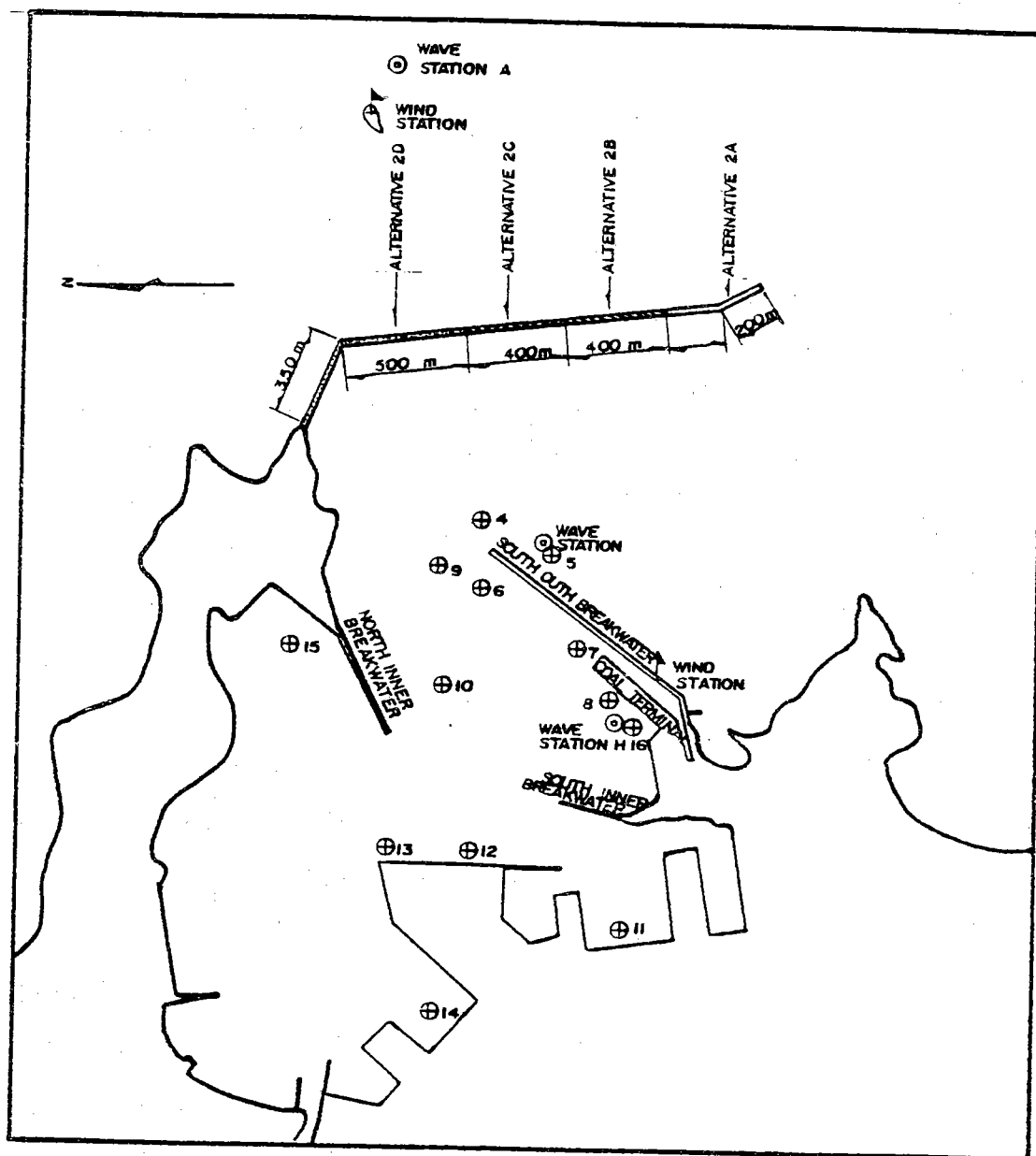


FIGURE 6-1 SU-A0 HARBOR—WIND AND WAVE STATIONS ARRANGEMENT OF WAVE GAUGES

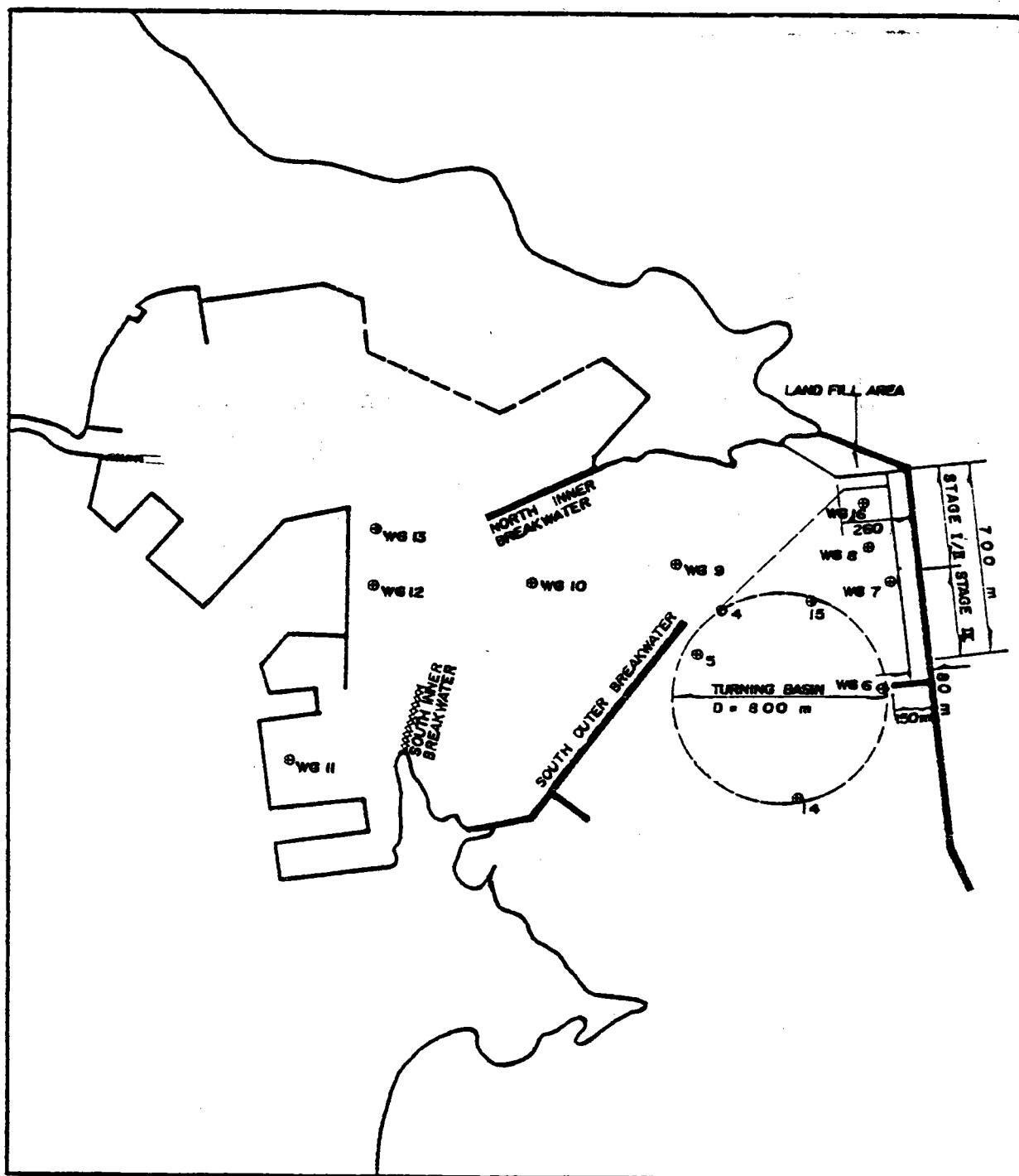


FIG 6-2 LAYOUT OF THE BREAKWATER TERMINAL

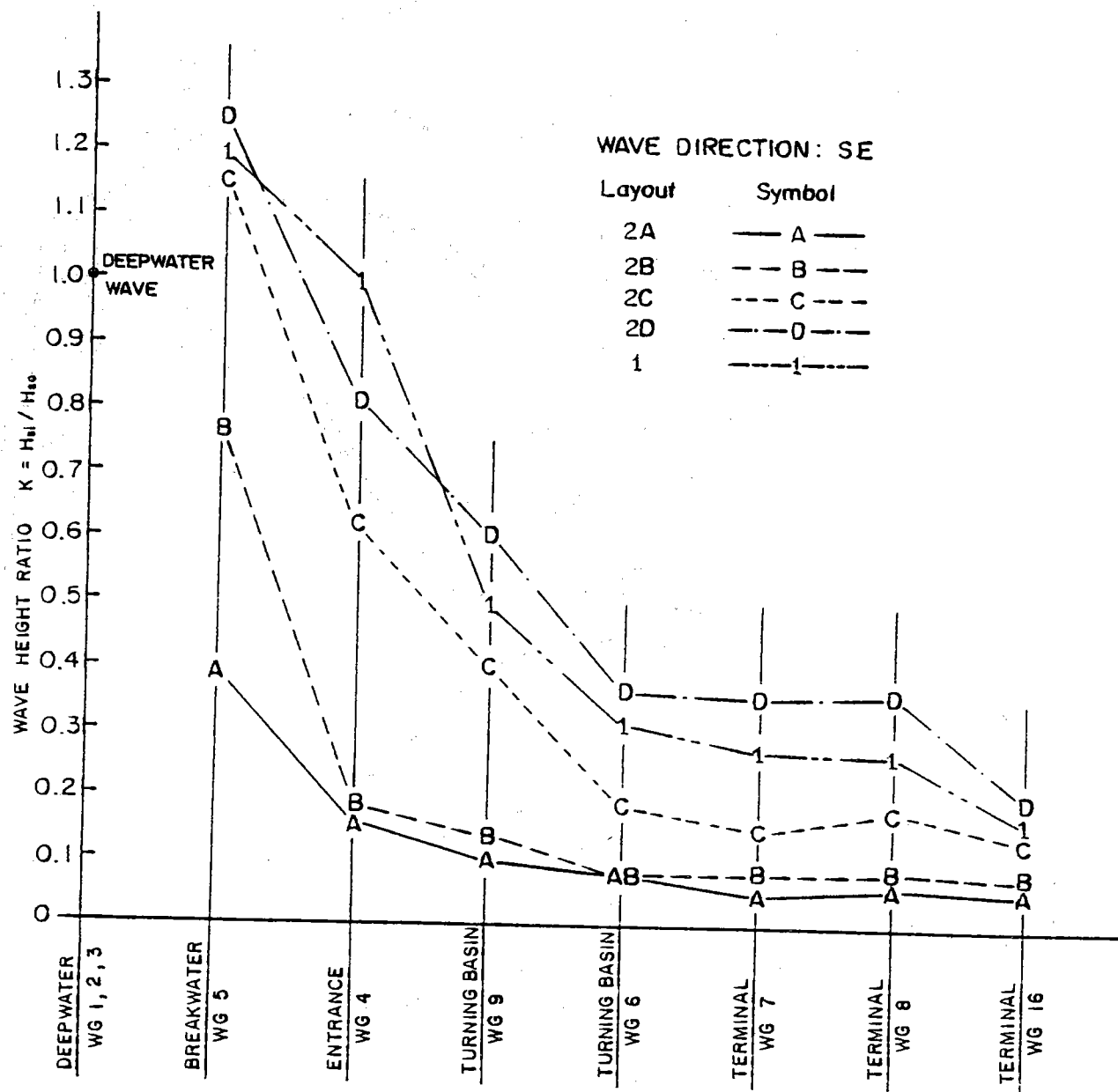


Figure 6-3 Wave Height Coefficients — Comparison of Different Layouts

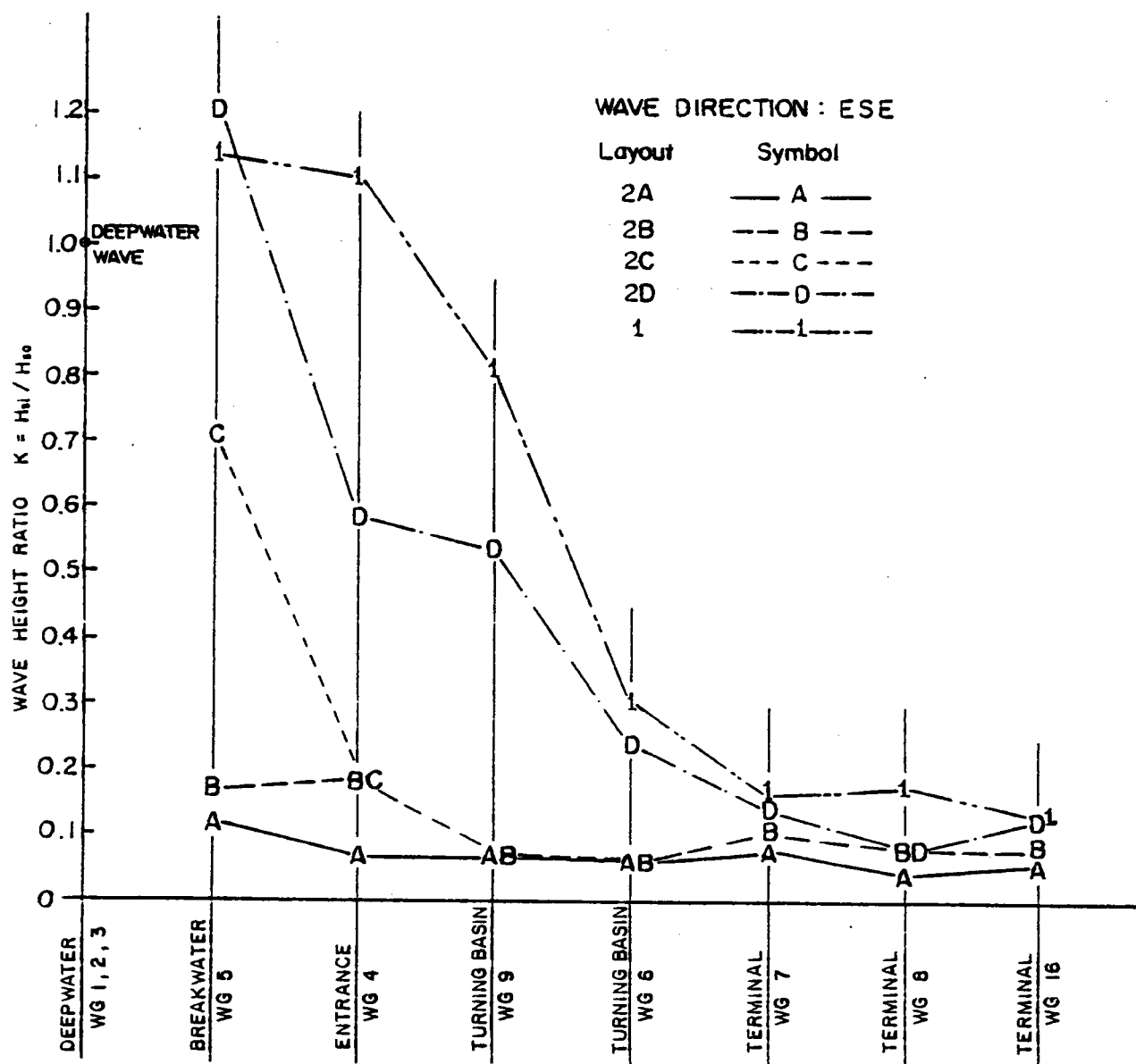


Figure 6-4 Wave Height Coefficients — Comparison of Different Layouts

SYMBOL: L1=LAYOUT 1, L2=LAYOUT 2; D1=ESE, D2=SE, D3=E; K1=WITHOUT WAVE ABSORBER, K2=WITH WAVE ABSORBER; S1=FULL LOAD, S2=PARTIAL LOAD; R1=NYLON ROPE, R2=STEEL WIRE; SORO=NO VESSEL

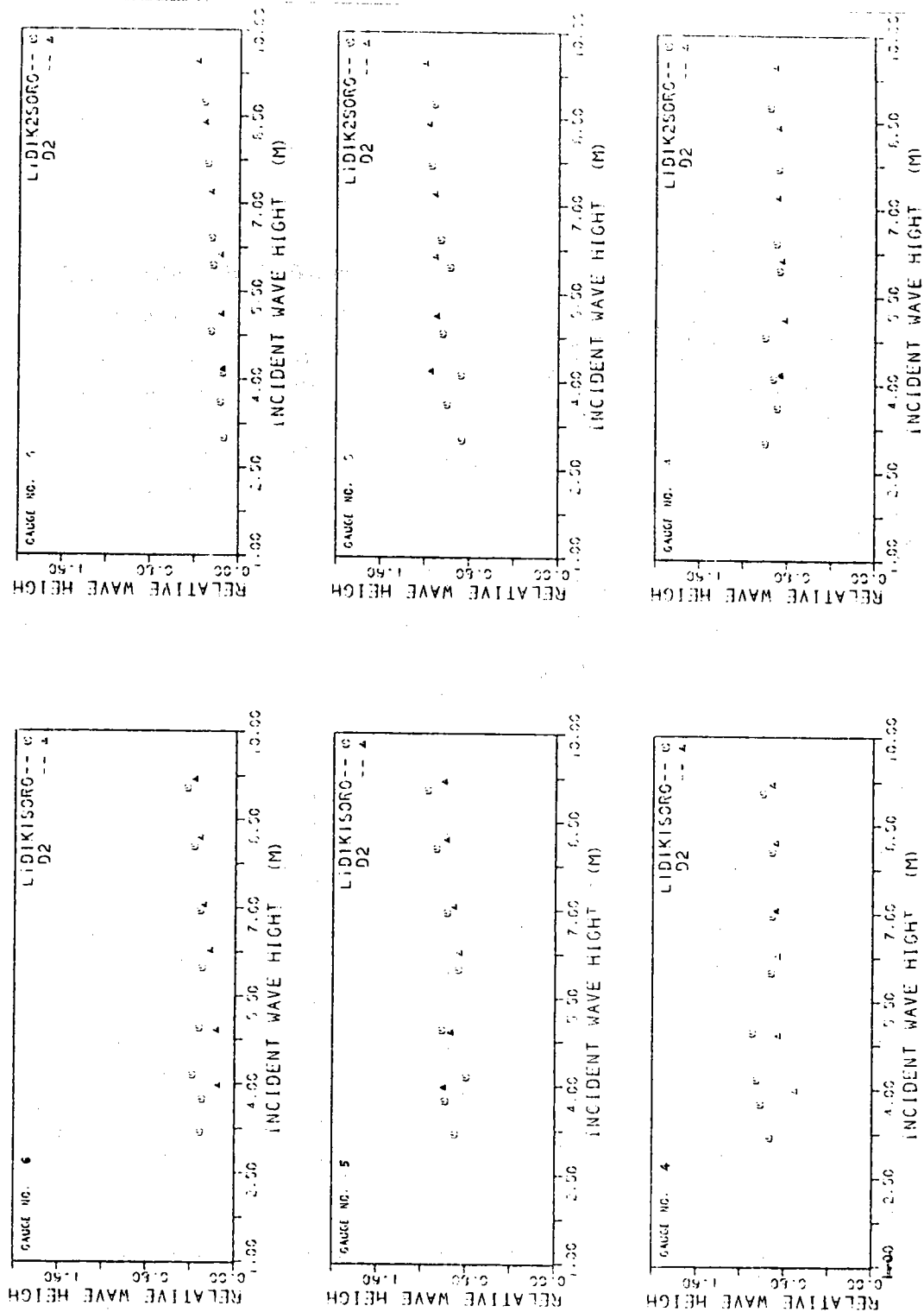


Figure 6-5(a) Wave Height Coefficient of Selected Point (Layout 1)

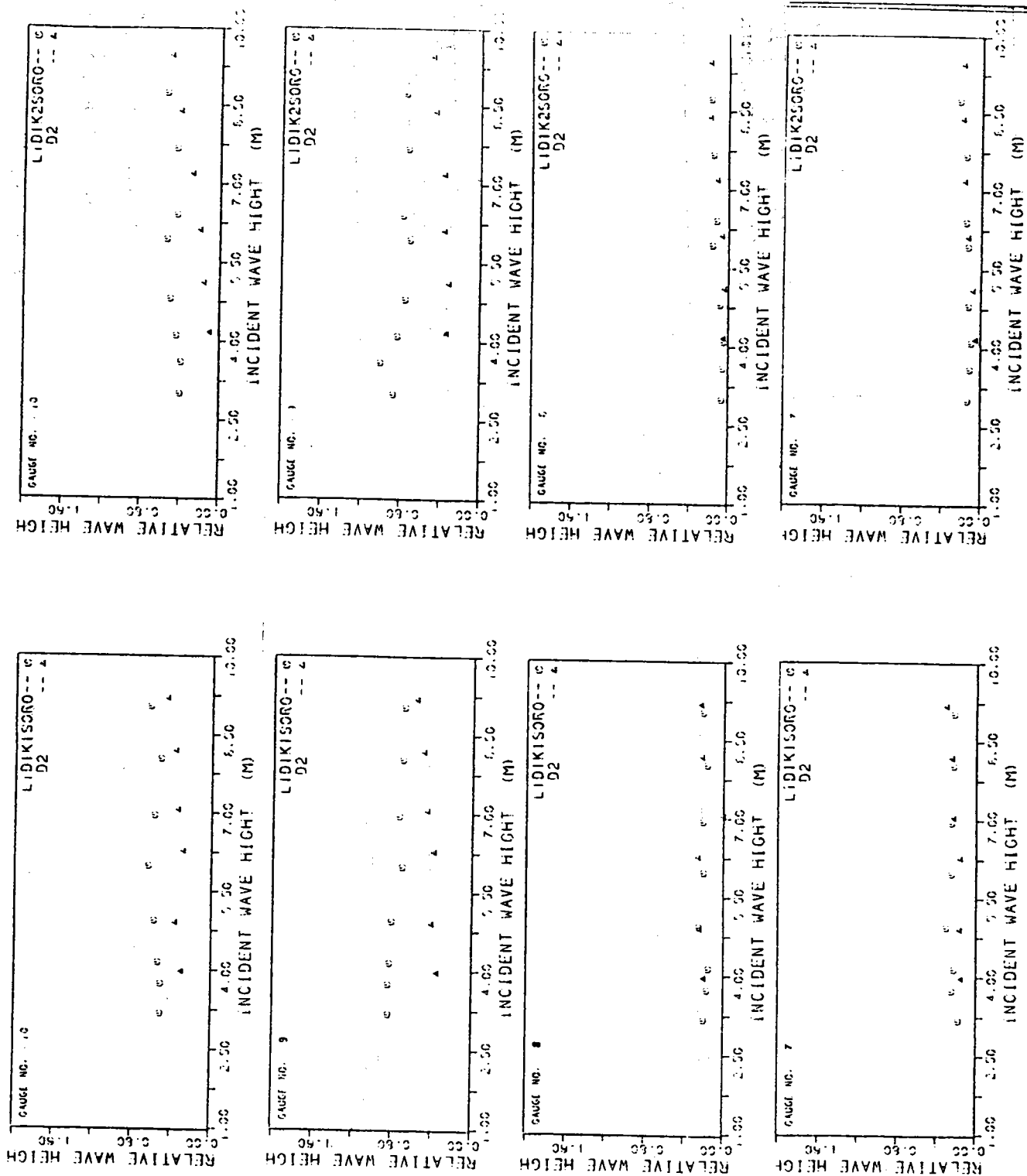


Figure 6-5(b) Wave Height Coefficient of Selected Points (Layout 1)

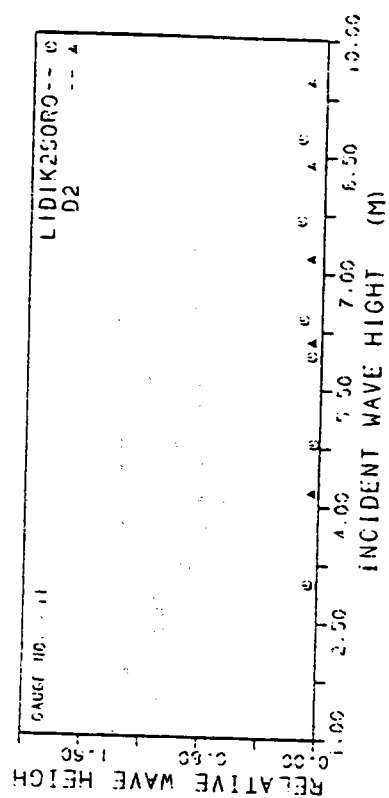
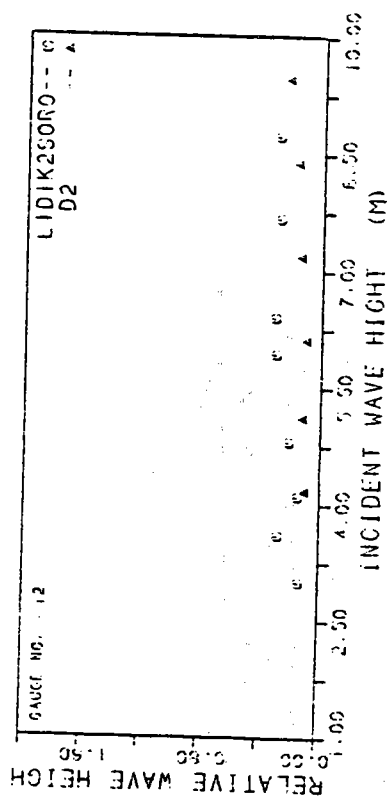
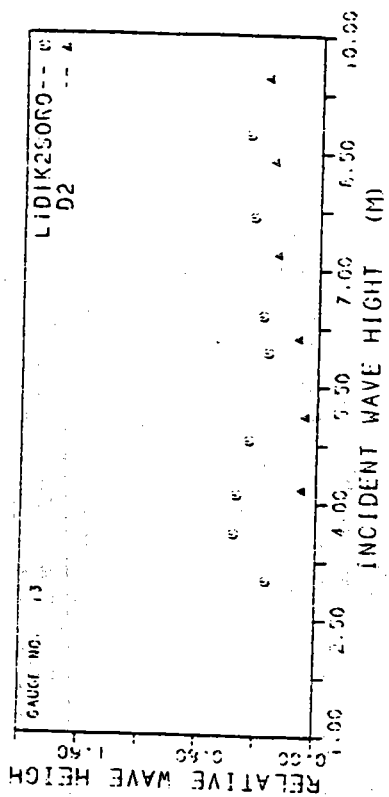
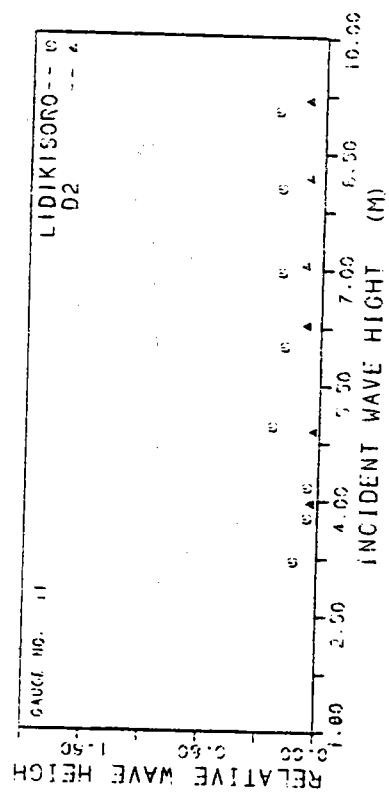
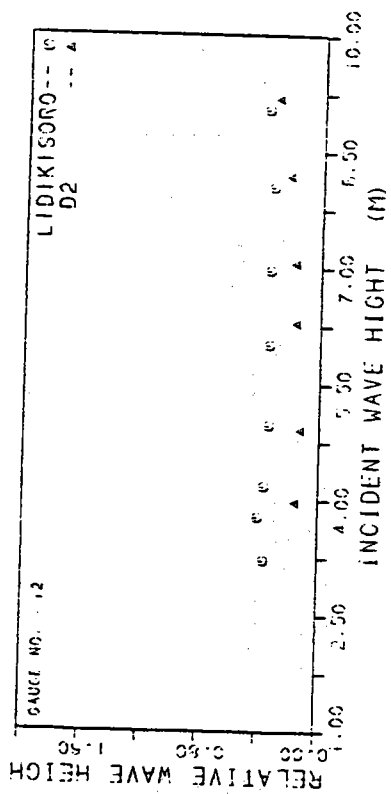
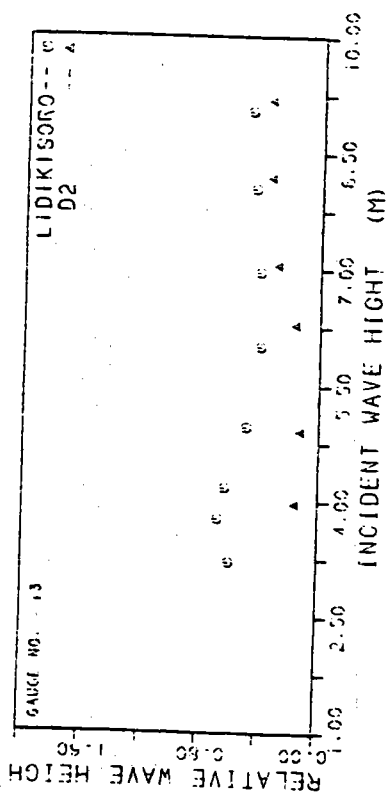


Figure 6-5(c) Wave Height Coefficient of Selected Points (Layout 1)

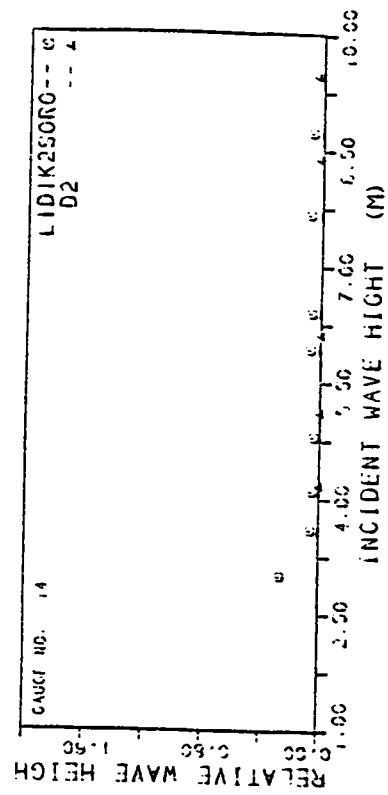
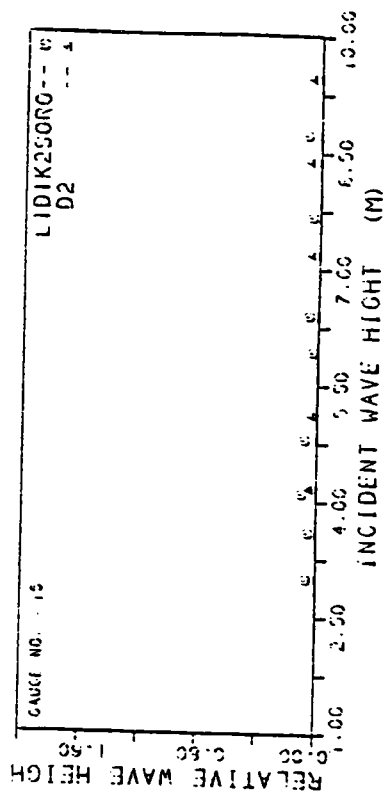
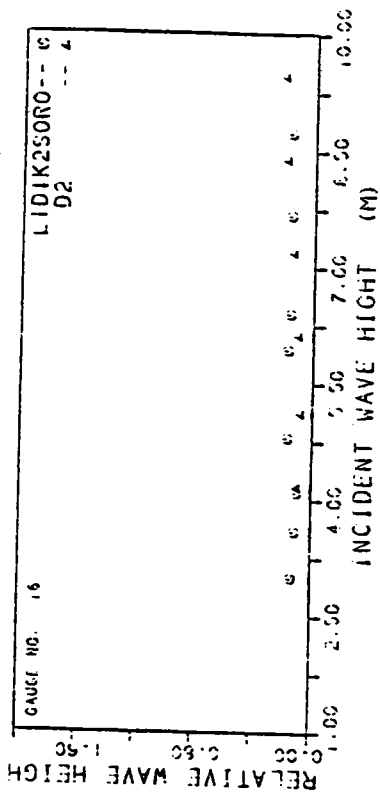
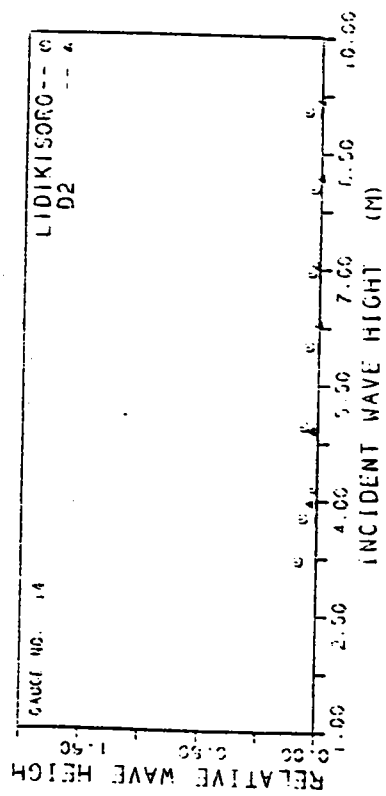
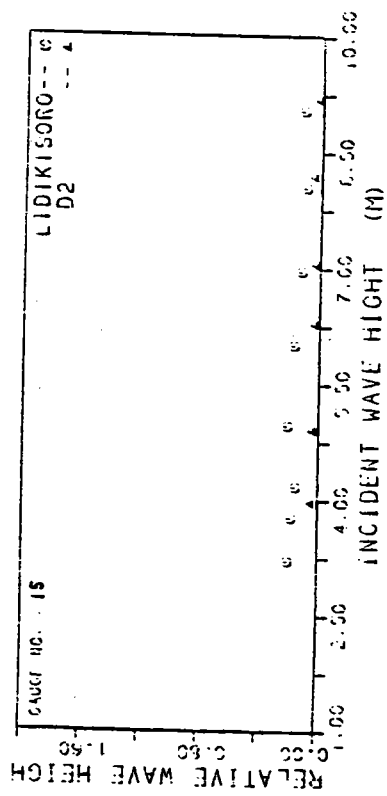
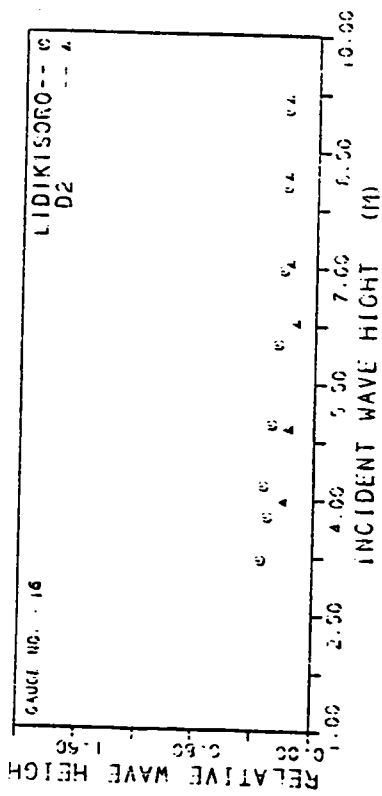


Figure 6-5(d) Wave Height Coefficient of Selected Point (Layout 1)

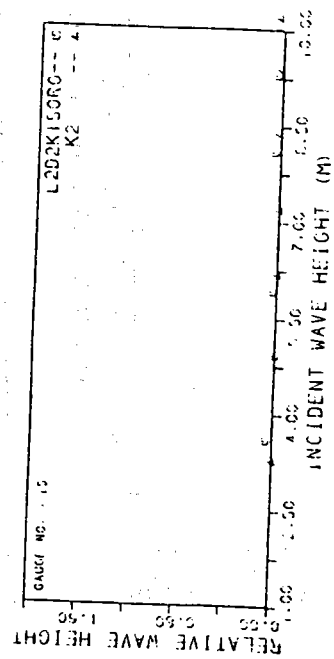
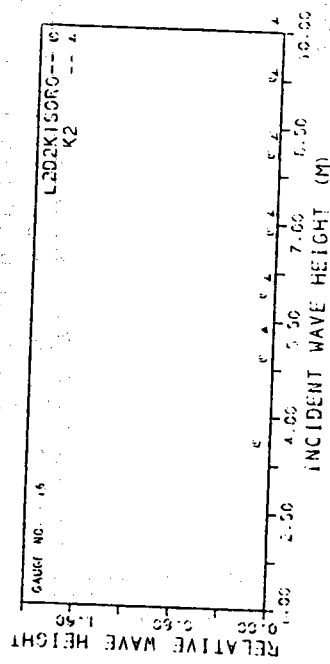
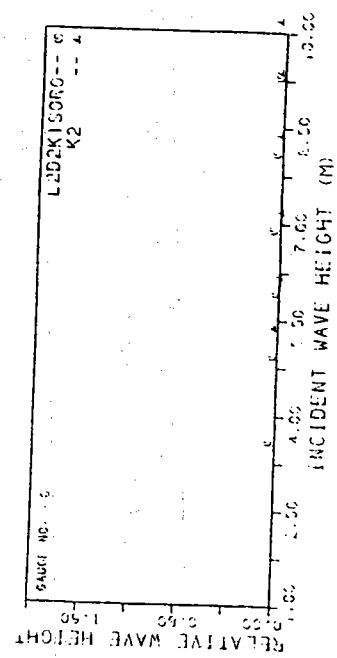
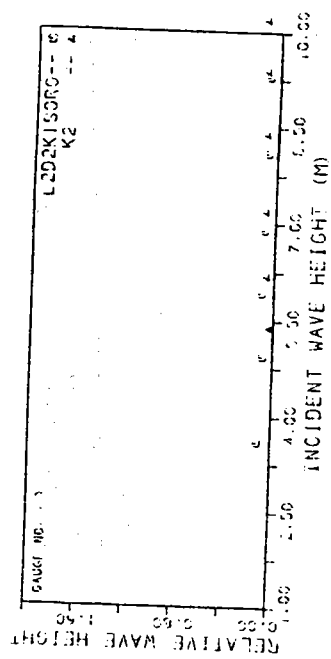
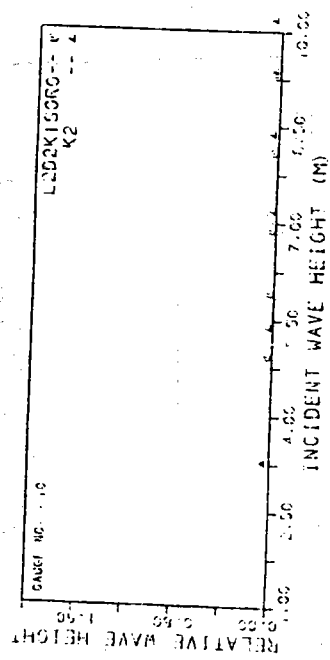


Figure 6-5(e) Wave Height Coefficient of Selected Points(Layout 2A)

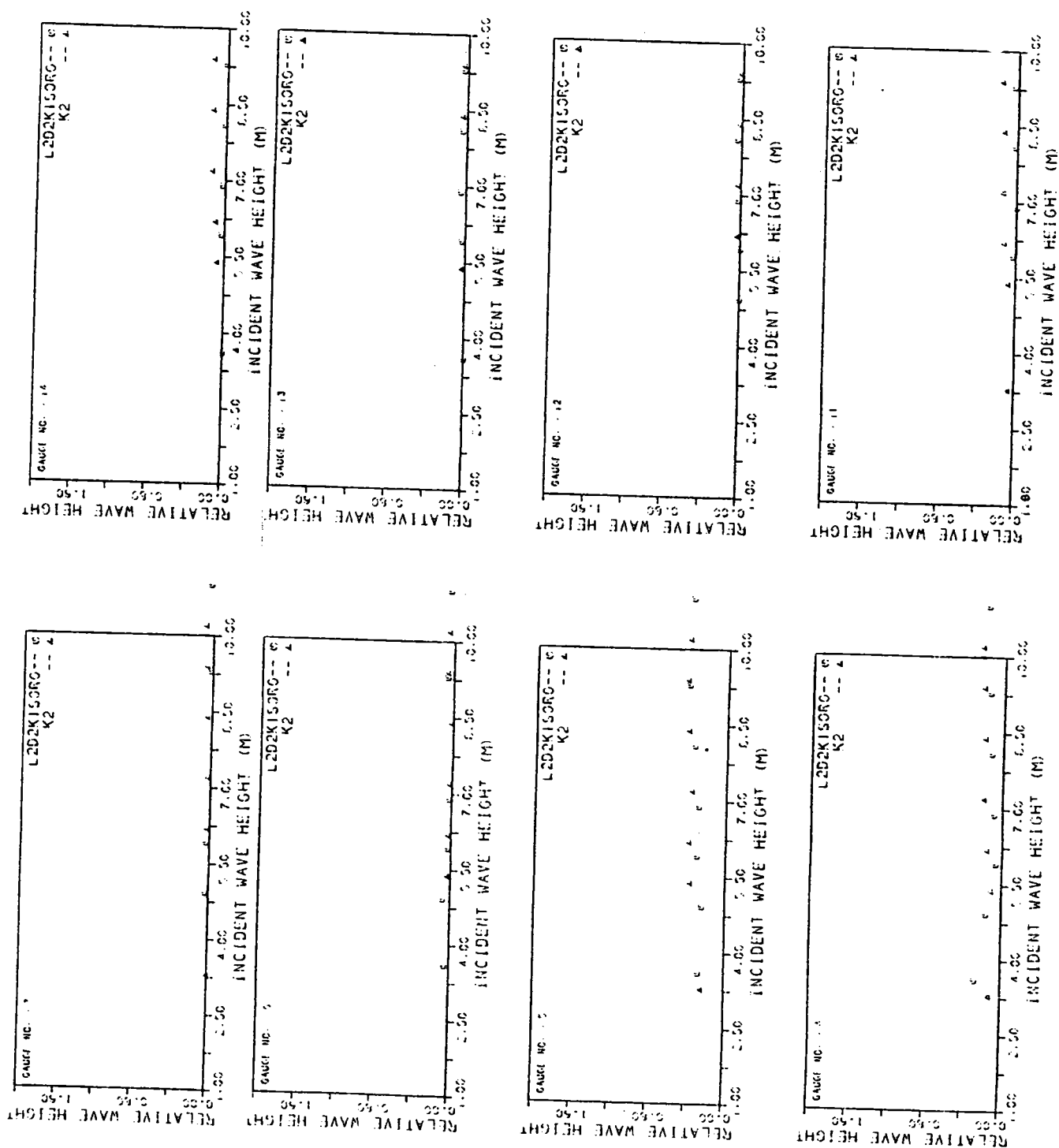


Figure 6-5(f) Wave Height Coefficient of Selected Points(Layout 2A)

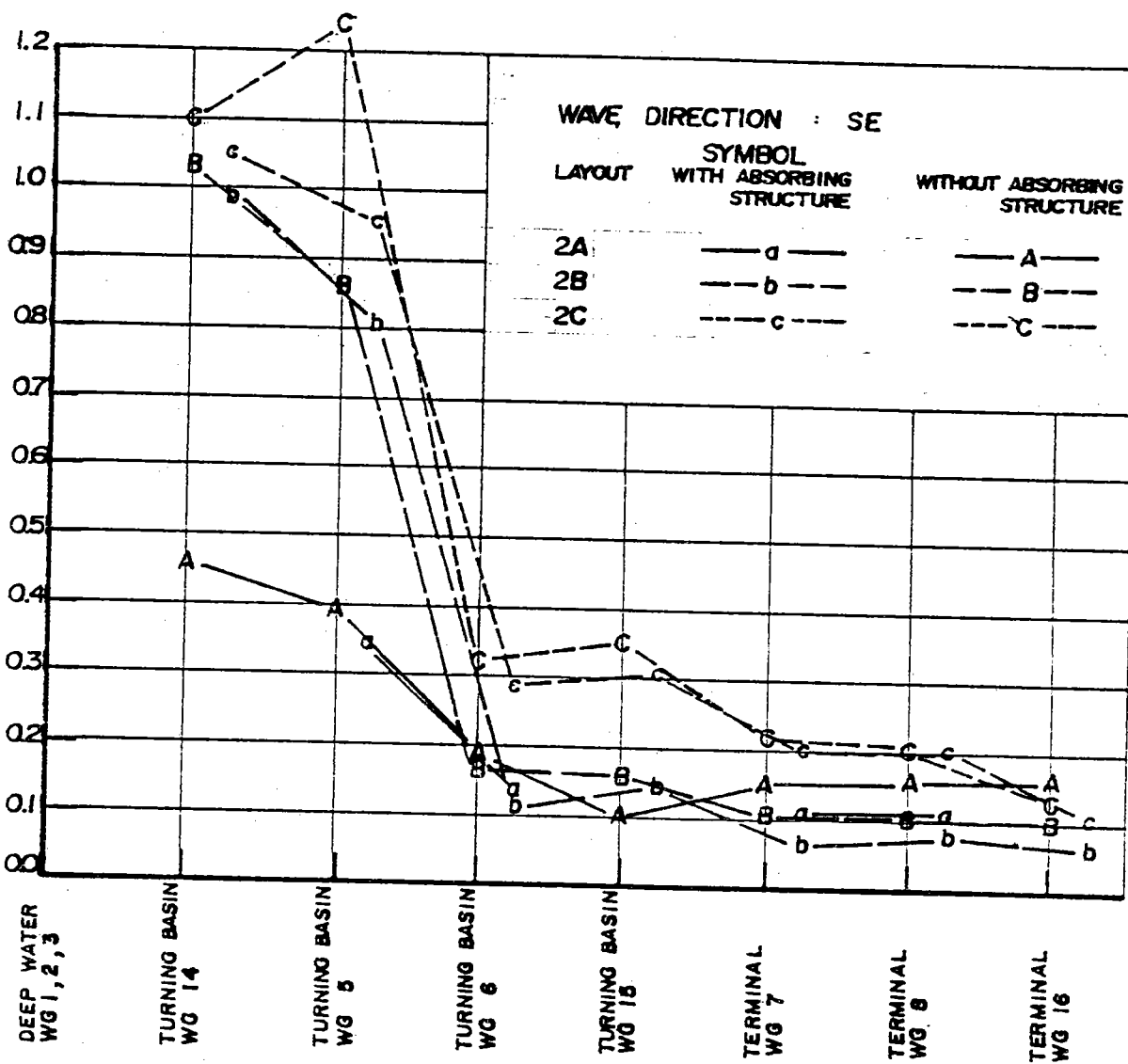


FIGURE 6-6 WAVE HEIGHT COEFFICIENTS - COMPARISON OF DIFFERENT LAYOUTS

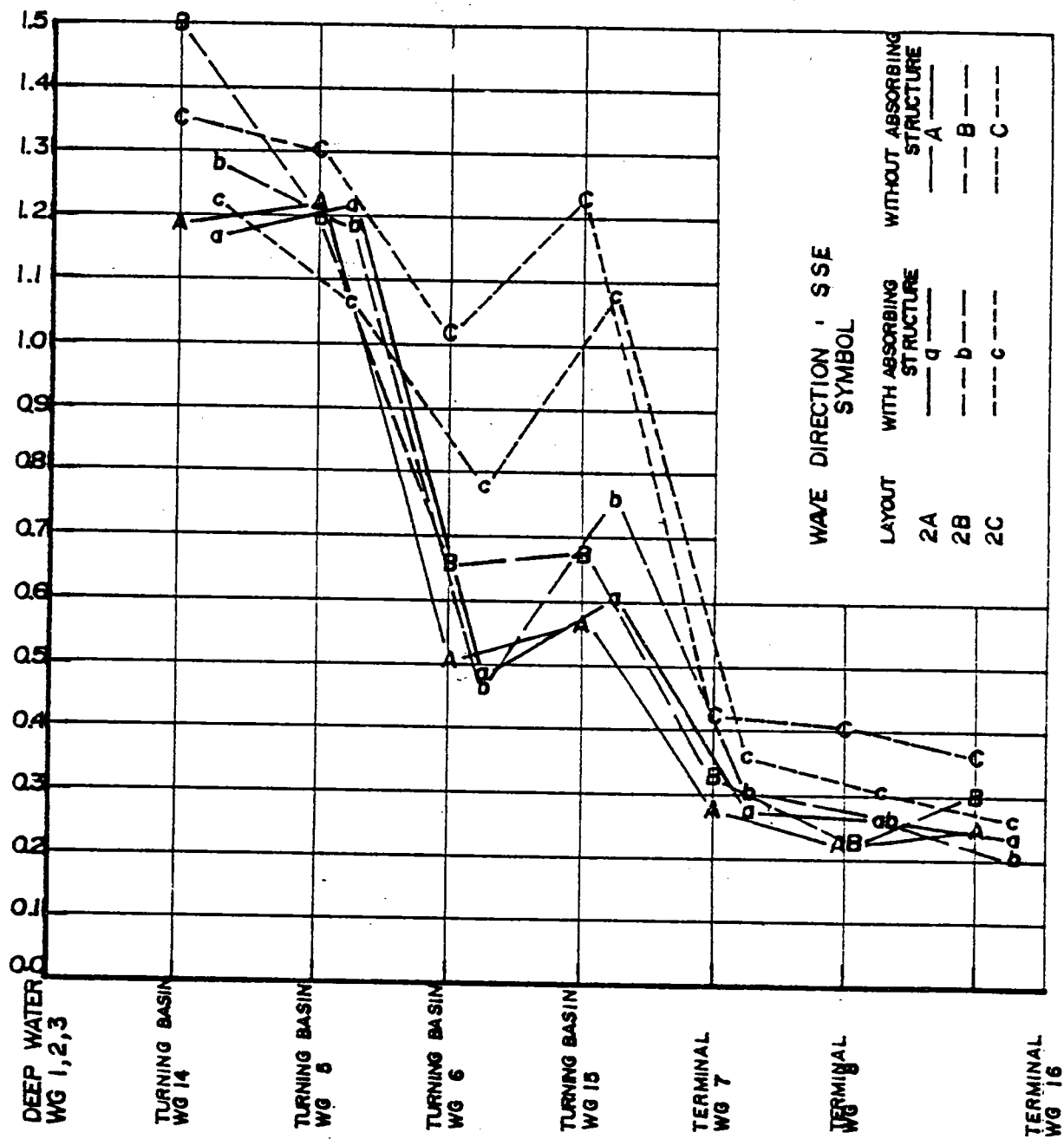


FIGURE 6-7 . WAVE HEIGHT COEFFICIENTS —COMPARISON OF DIFFENT LAYOUTS

Table 6-3 WAVE HEIGHT COEFFICIENTS - THE INNER HARBOUR TERMINAL

LAYOUT	WAVE DIRECTION	WAVE HEIGHT RATIO $K = H_{si}/H_{so}$						
		ENTRANCE		TURNING BASIN		COAL TERMINAL		
		WG 4	WG 5	WG 6	WG 9	WG 7	WG 8	WG 16
2A	SE	0.14 - 0.16	0.28 - 0.39	0.06 - 0.08	0.07 - 0.10	0.04 - 0.05	0.04 - 0.07	0.04 - 0.06
	ESE	0.06 - 0.07	0.06 - 0.12	0.04 - 0.06	0.04 - 0.07	0.06 - 0.08	0.03 - 0.04	0.05 - 0.06
2B	SE	0.16 - 0.18	0.70 - 0.77	0.06 - 0.08	0.09 - 0.14	0.05 - 0.08	0.08 - 0.09	0.05 - 0.08
	ESE	0.16 - 0.19	0.13 - 0.17	0.05 - 0.07	0.05 - 0.07	0.08 - 0.11	0.05 - 0.08	0.06 - 0.08
2C	SE	0.54 - 0.62	1.02 - 1.15	0.12 - 0.18	0.37 - 0.41	0.12 - 0.15	0.14 - 0.18	0.07 - 0.14
	ESE	0.14 - 0.19	0.57 - 0.71					
2D	SE	0.70 - 0.81	1.10 - 1.25	0.14 - 0.37	0.40 - 0.61	0.24 - 0.36	0.31 - 0.37	0.14 - 0.20
	ESE	0.45 - 0.58	1.00 - 1.20	0.14 - 0.24	0.46 - 0.54	0.12 - 0.14	0.06 - 0.08	0.10 - 0.13
	E	0.13 - 0.22	0.57 - 0.74	0.08 - 0.15	0.09 - 0.19	0.08 - 0.11		
1	SE	0.88 - 1.01	0.97 - 1.20	0.16 - 0.32	0.28 - 0.51	0.14 - 0.28	0.18 - 0.28	0.12 - 0.17
	ESE	0.84 - 1.11	0.75 - 1.14	0.18 - 0.31	0.60 - 0.82	0.09 - 0.17	0.07 - 0.18	0.10 - 0.14
	E	0.48 - 0.60	0.60 - 0.75	0.17 - 0.22	0.45 - 0.53	0.09 - 0.14	0.08 - 0.10	0.08 - 0.11

Table 6-4 WAVE HEIGHT COEFFICIENTS - THE BREAKWATER TERMINAL

LAYOUT	ENERGY ABSORB- ING STR W/WT	WAVE DIRECTION	WAVE HEIGHT RATIO $K = H_{si}/H_{so}$							
			TURNING BASIN				COAL TERMINAL		BASIN (INSIDE)	
			WG 5	WG 6	WG 14	WG 15	WG 7	WG 8	WG 16	WG 9
N2A	W	SE	0.26-0.34	0.09-0.14			0.08-0.11	0.06-0.11		0.10-0.12
	WT	SE	0.32-0.40	0.10-0.18	0.37-0.46	0.08-0.10	0.08-0.15	0.08-0.16	0.07-0.16	0.10-0.13
	W	SSE	0.94-1.18	0.39-0.48	0.96-1.17	0.42-0.61	0.16-0.28	0.13-0.27	0.11-0.24	0.47-0.64
	WT	SSE	1.01-1.22	0.44-0.51	1.08-1.19	0.48-0.57	0.21-0.28	0.16-0.23	0.13-0.25	0.51-0.62
N2B	W	SE	0.62-0.81	0.10-0.13	0.89-0.98	0.10-0.15	0.05-0.07	0.05-0.08	0.06-0.07	0.13-0.16
	WT	SE	0.74-0.86	0.12-0.16	0.91-1.03	0.09-0.16	0.06-0.10	0.09-0.11	0.08-0.10	0.13-0.17
	W	SSE	0.94-1.19	0.32-0.47	1.04-1.29	0.48-0.76	0.20-0.31	0.14-0.27	0.14-0.20	0.44-0.67
	WT	SSE	0.96-1.22	0.46-0.67	1.13-1.50	0.60-0.68	0.27-0.33	0.19-0.22	0.24-0.30	0.45-0.75
N2C	W	SE	0.91-0.96	0.24-0.28	0.92-1.05	0.27-0.31	0.13-0.20	0.13-0.20	0.07-0.11	0.20-0.28
	WT	SE	1.12-1.24	0.26-0.32	0.99-1.10	0.27-0.35	0.14-0.22	0.14-0.20	0.09-0.13	0.21-0.29
	W	SSE	0.79-1.02	0.65-0.79	0.97-1.23	0.82-1.08	0.27-0.36	0.27-0.31	0.21-0.28	0.51-0.79
	WT	SSE	1.07-1.32	0.77-1.02	1.07-1.35	0.92-1.24	0.36-0.42	0.34-0.40	0.31-0.37	0.67-0.86

著改善。

3. 兩種碼頭佈置港池波高係數比較

兩種碼頭佈置方案，碼頭前水域及迴船池附近波高係數比較如圖 6-8 及 6-9。內港碼頭佈置案碼頭前波高係數約僅為防波堤碼頭佈置案之一半。由圖 6-9 顯示防波堤碼頭佈置案迴船池附近波高係數較內港碼頭佈置案超出 2 至 3 倍以上，迴船池附近波高甚至大於外海入射波高。

五. 波浪能譜

代表性深水入射波浪能譜如圖 6-10，長波能量比例較現場調查資料略為增加。碼頭前測點波譜，如圖 6-11，顯示短能量顯著減小，但長波能量並未減低。

六. 船隻運動纜繩及護舷受力

1. 模型試驗外海、迴船池及碼頭前波高、船隻運動，纜繩拉力護舷壓力延時紀錄如圖 6-12。由圖 6-12 顯示外海波高約為 5^m ，碼頭前波高小於 0.5^m ，在鋼索繫纜下，船隻縱向運動超過 1.3^m ，船尾纜受力大於 110^{tons} 。由延時紀錄顯示碼頭前 (WG8) 及北港池 (WG15) 均有長週期副振動 (Undulations) 發生，此種現象為造成碇泊船隻動力之主要因素。

2. 內港碼頭佈置案試驗結果

附錄 IV 為各種波浪作用下，船隻運動、纜繩拉力及護舷壓力試驗結果。利用二次迴歸曲線求得船隻不能作業及疏散波高如表 6-5 及 6-6。防波堤長度不同，船隻運動、纜繩拉力及護舷壓力，外海波高造成不能作業條件繪如圖 6-13。造成碇靠船隻不能作業波高，隨防波堤延長而增大。

3. 防波堤碼頭佈置案試驗結果

附錄 V 為船隻運動、纜繩拉力及護舷壓力受外海波浪作用試驗結果。利用二次迴歸曲線求得不能作業及疏散波高如表 6-7 及 6-8。三種防波堤長度碇靠船隻不能作業波高繪圖比較如圖 6-14。不能作業波高並不隨防波堤增長而比例加大。在 SSE 向波浪作用下，北外防波堤長度由 1650^m (2B) 延長為 2050^m (2A)，不能作業波高非但未增大反而減小。

兩種卸煤碼頭佈置方案不能作業波高比較繪如圖 6-15 所示。各種不同長度外防波堤，在 SE 向波浪作用下內港碼頭佈置與防波堤佈置不能作

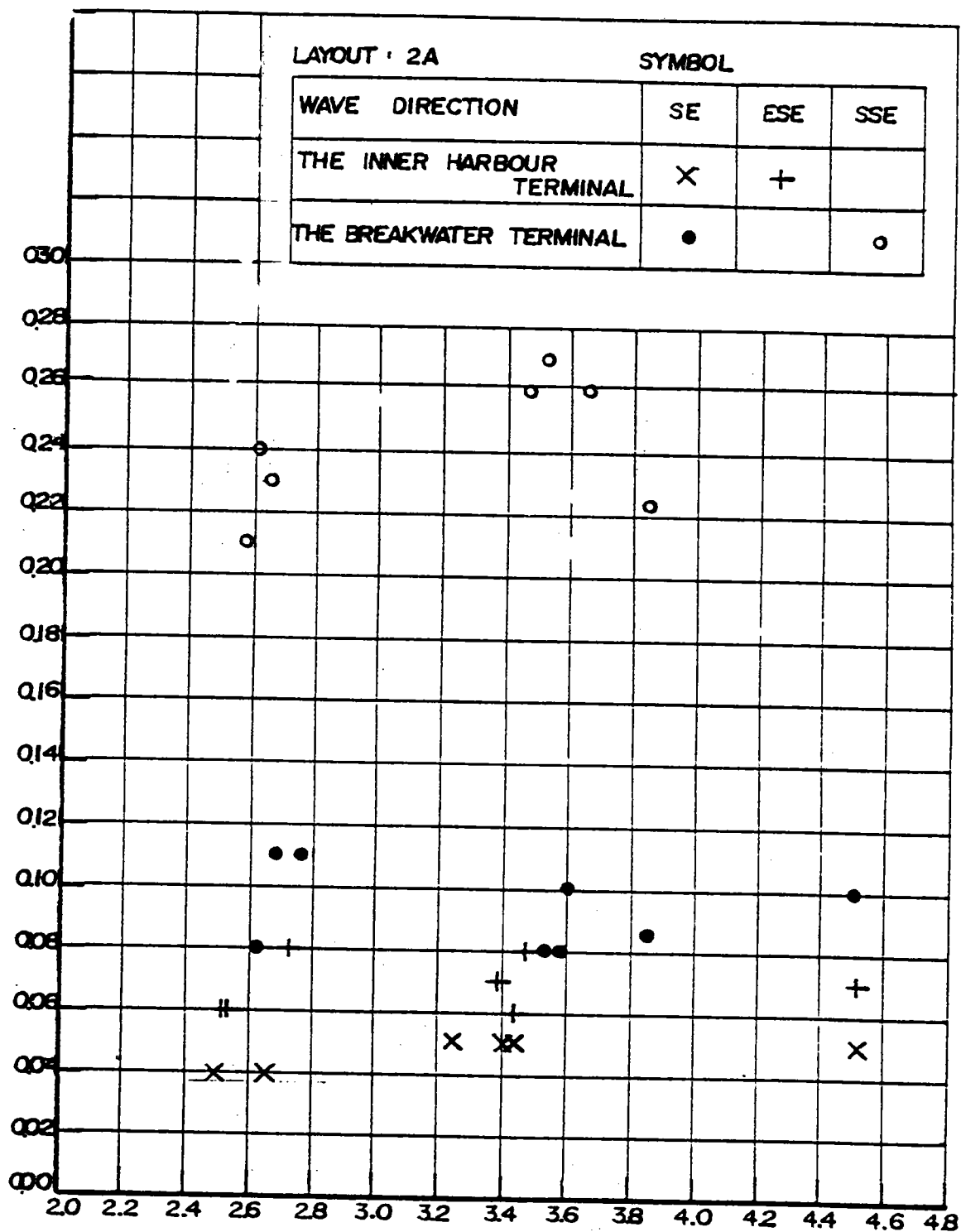


FIG 6-8 (a) WAVE HEIGHT COEFFICIENTS AT WATER FRONT OF COAL TERMINAL FOR TWO LAYOUTS.

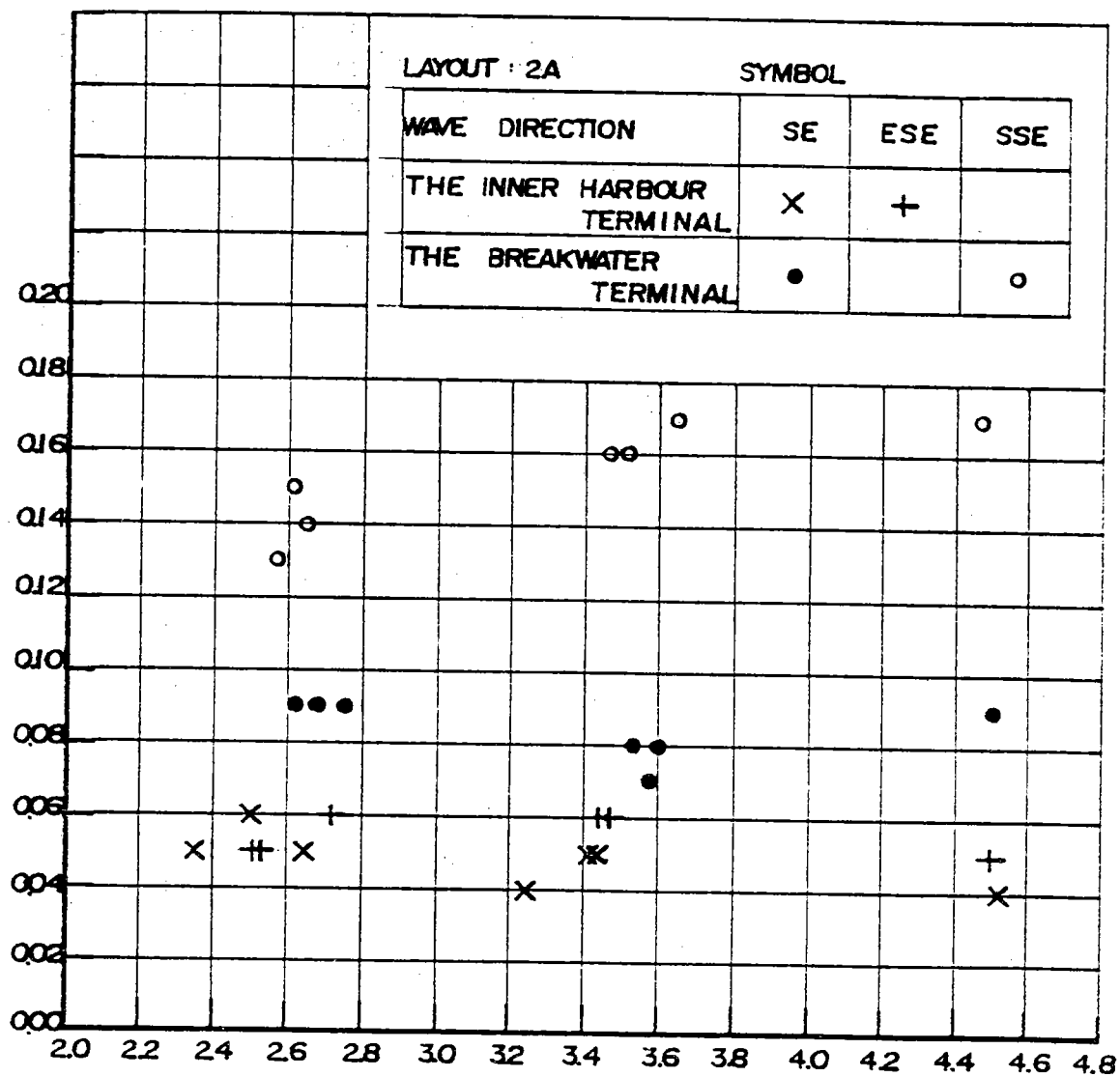


FIG 6-8 (b) WAVE HEIGHT COEFFICIENTS AT WATER FRONT OF COAL TERMINAL FOR TWO LAYOUTS.

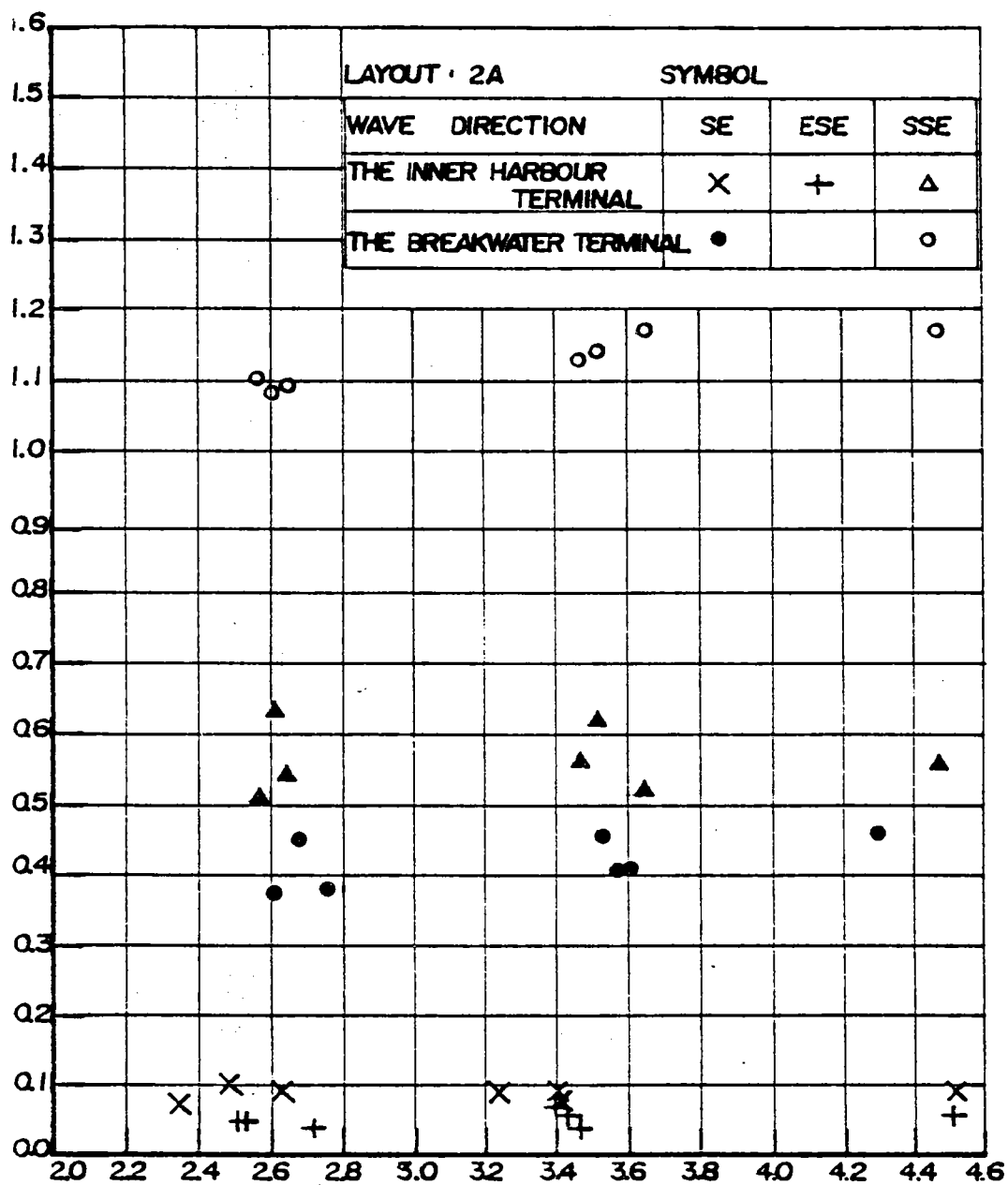


FIG6-9a. WAVE HEIGHT COEFFICIENTS AT TURNING BASIN FOR TOW LAYOUTS

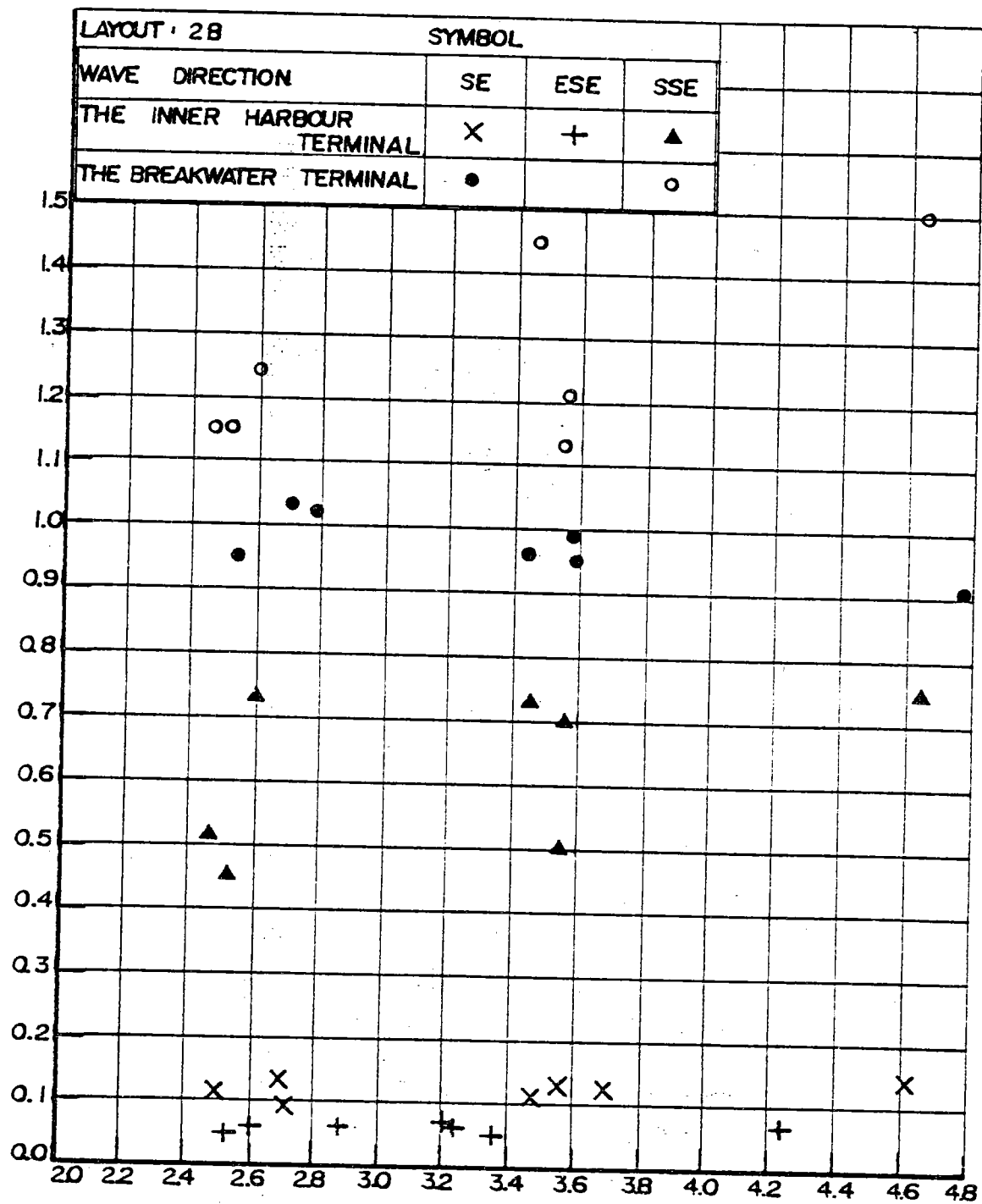
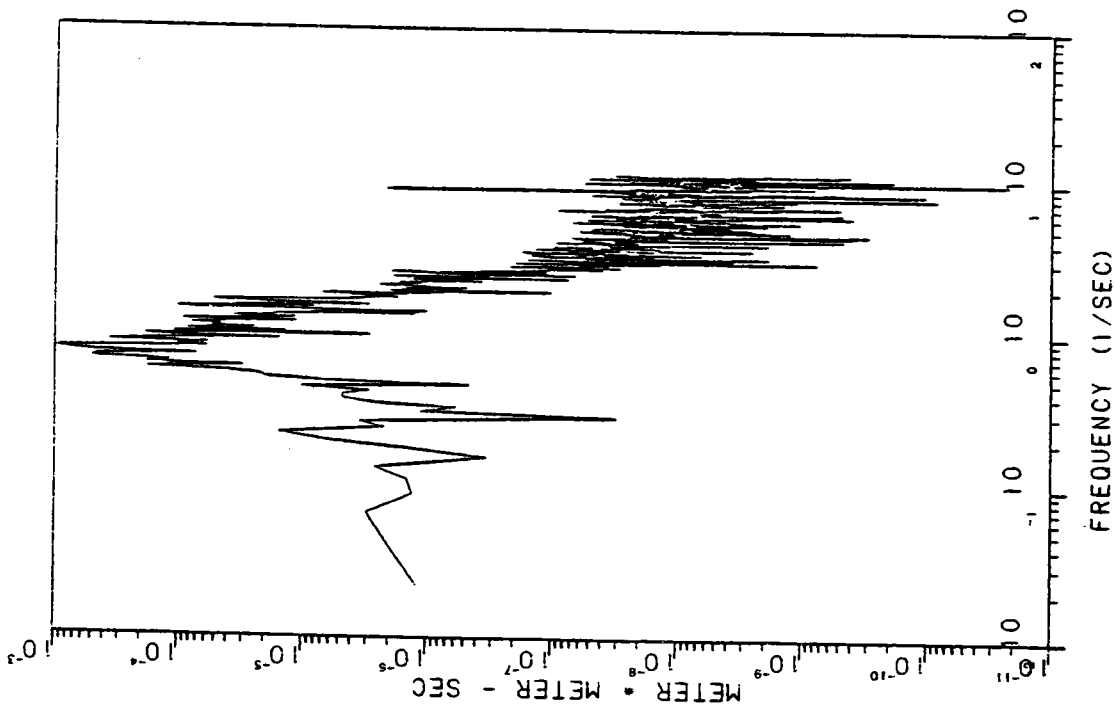


FIG 6-9b. WAVE HEIGHT COEFFICIENTS AT TURNING BASIN FOR TWO LAYOUTS

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL , CH NO. " 2
 * DATA NAME : 2BSE142.000 READ SPD " 23
 * PEAK OF PERIOD : 1.27 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL , CH NO. " 3
 * DATA NAME : 2BSE123.000 READ SPD " 27
 * PEAK OF PERIOD : 1.26 SEC

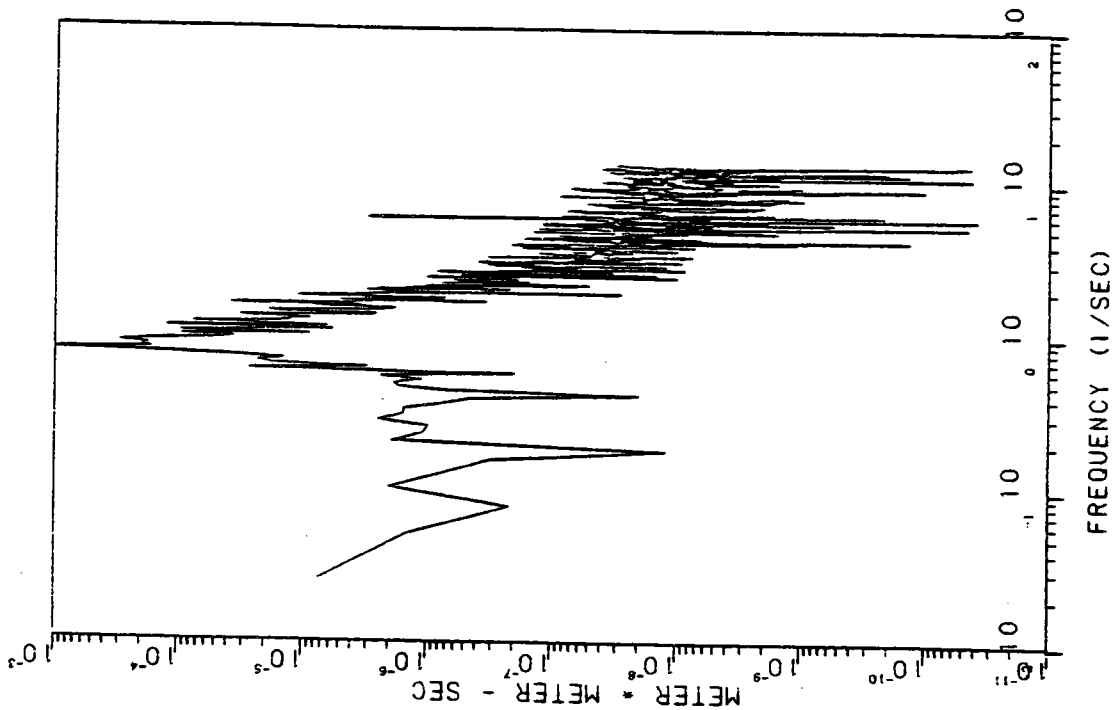
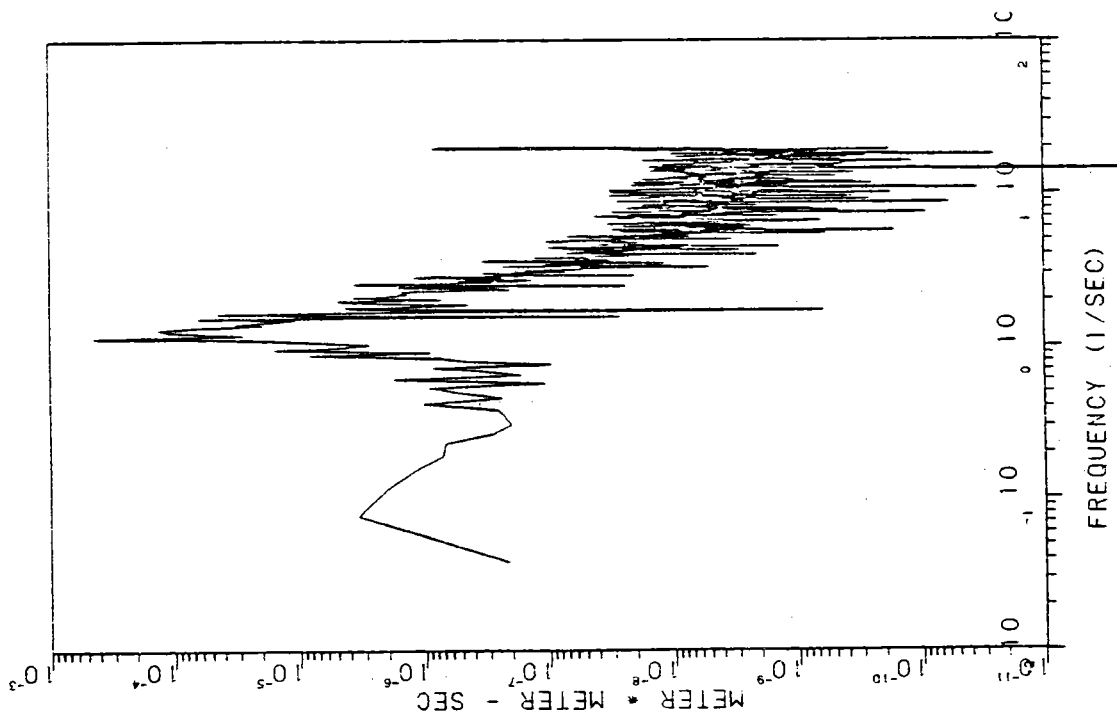


Figure 6-10(a) Incident Wave Spectrum

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-A0 MODEL , CH NO. = 2
 * DATA NAME : 2A5E802.000 READ SPD = 40
 * PEAK OF PERIOD : 0.85 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-A0 MODEL , CH NO. = 2
 * DATA NAME : 2ANSE102.000 READ SPD = 32
 * PEAK OF PERIOD : 1.03 SEC

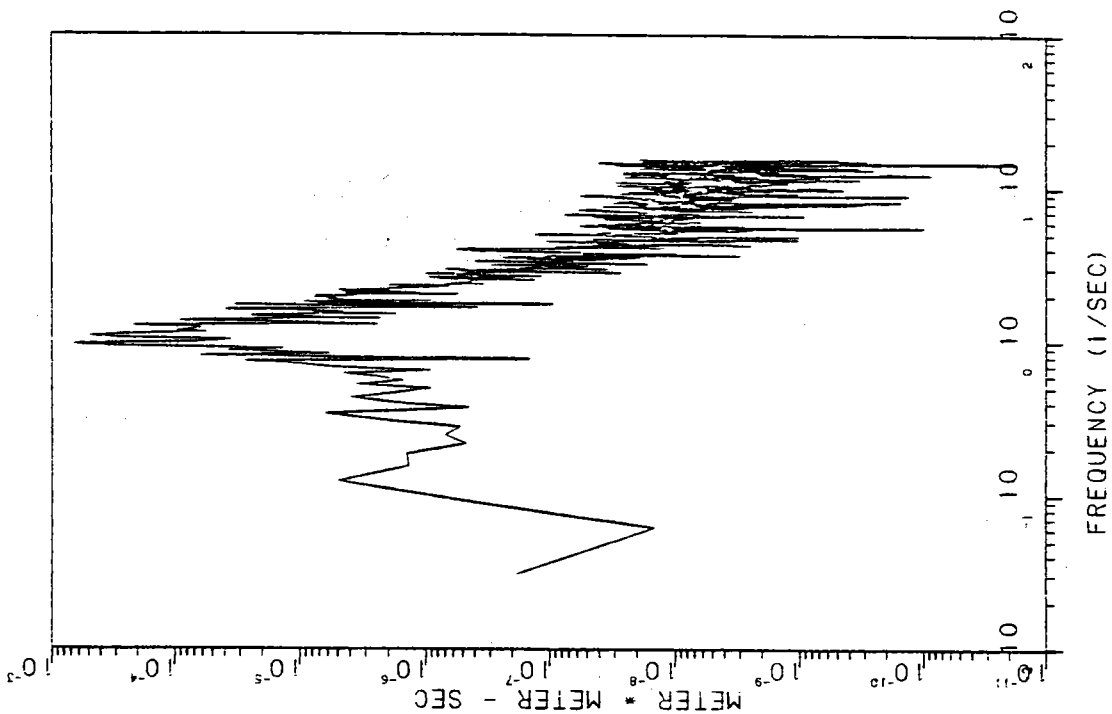
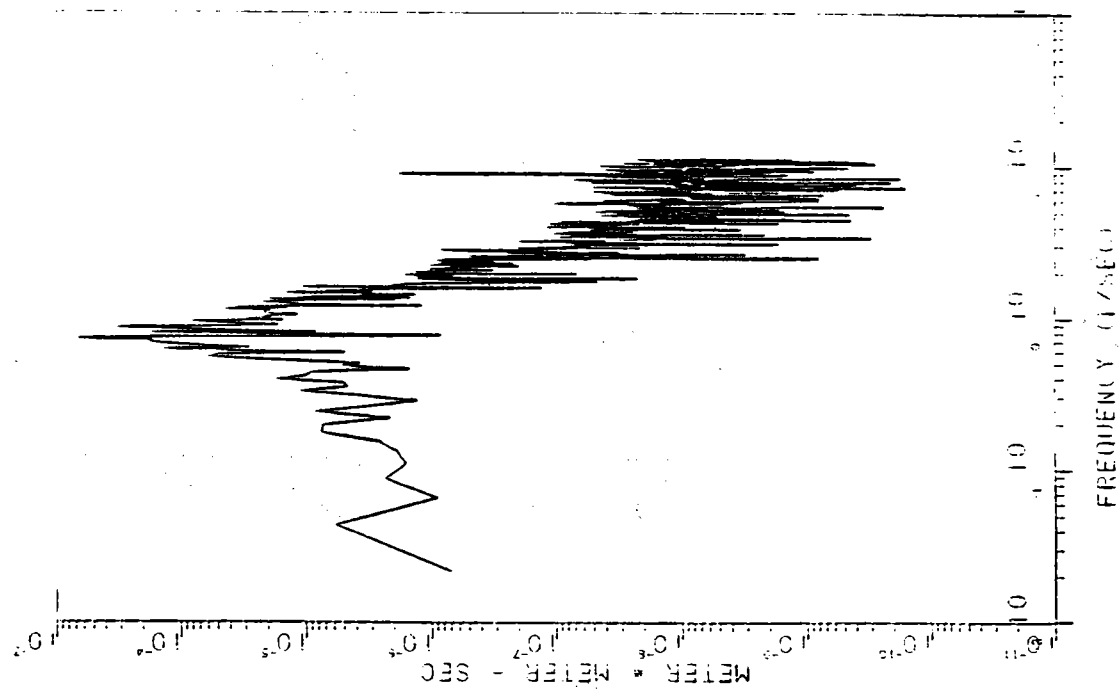


Figure 6-10(b) Incident Wave Spectrum

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL CH NO. : 01
 * DATA NAME : 2025E141.000 READ SPD = 23
 * PEAK OF PERIOD : 1.35 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL CH NO. : 3
 * DATA NAME : 2025E143.000 READ SPD = 23
 * PEAK OF PERIOD : 1.48 SEC

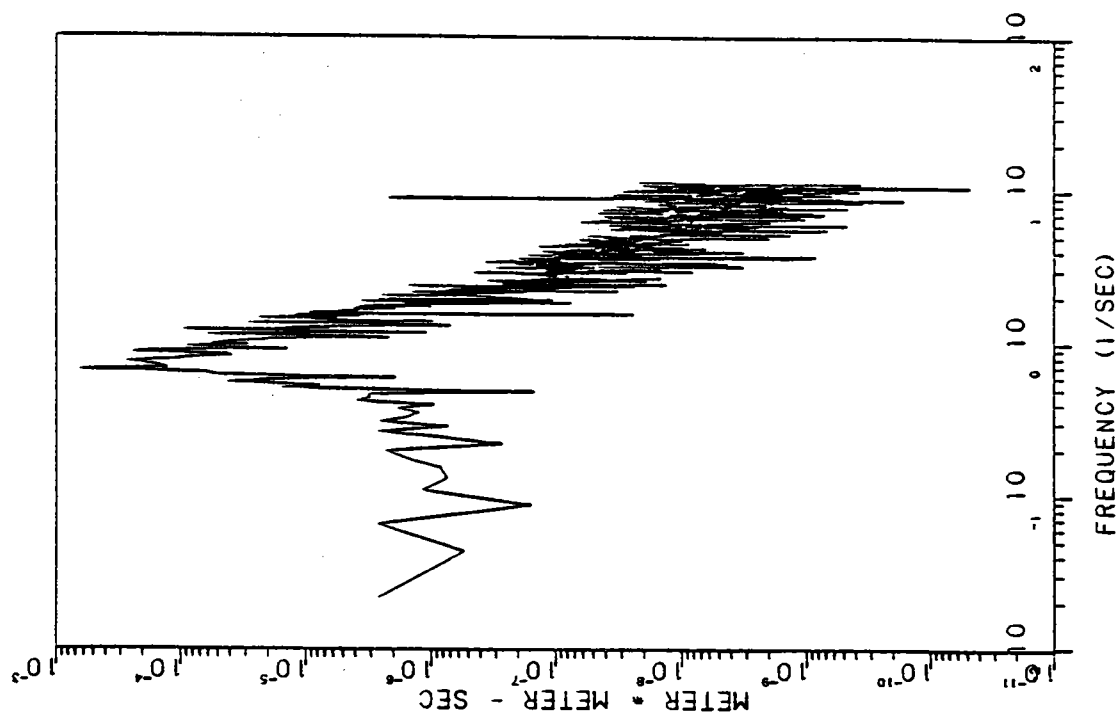
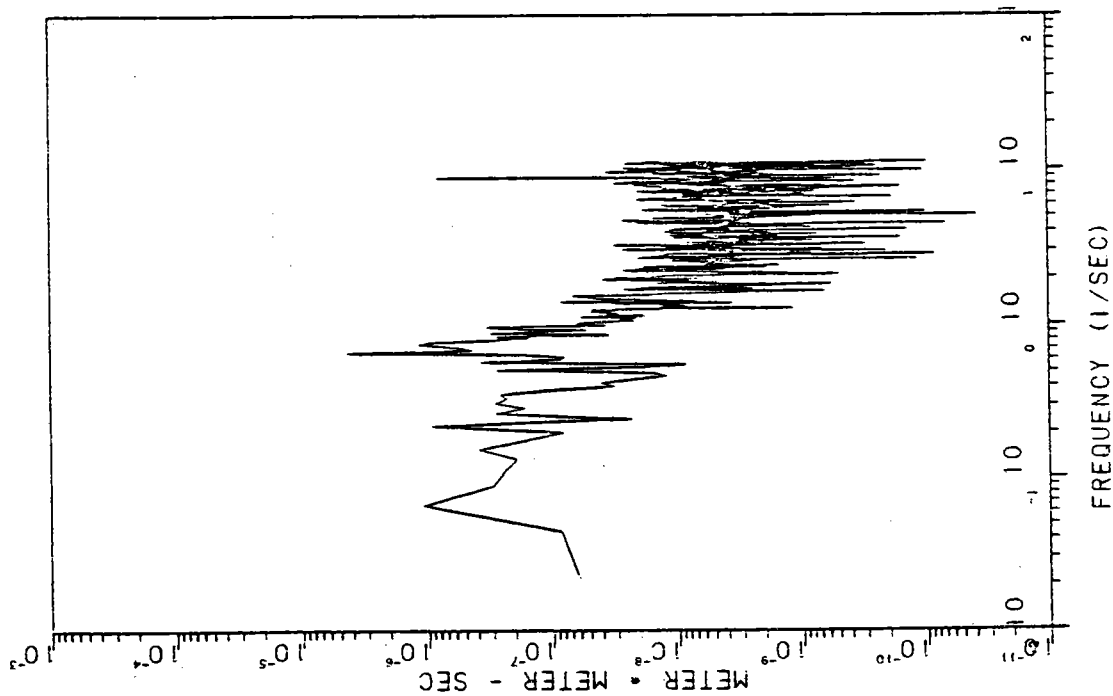


Figure 6-10(c) Incident Wave Spectrum

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL . CH NO. = 16
 * DATA NAME : 2AESE14G.000 READ SPD = 23
 * PEAK OF PERIOD : 1.48 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL . CH NO. = 7
 * DATA NAME : 2BSE127.000 READ SPD = 27
 * PEAK OF PERIOD : 1.26 SEC

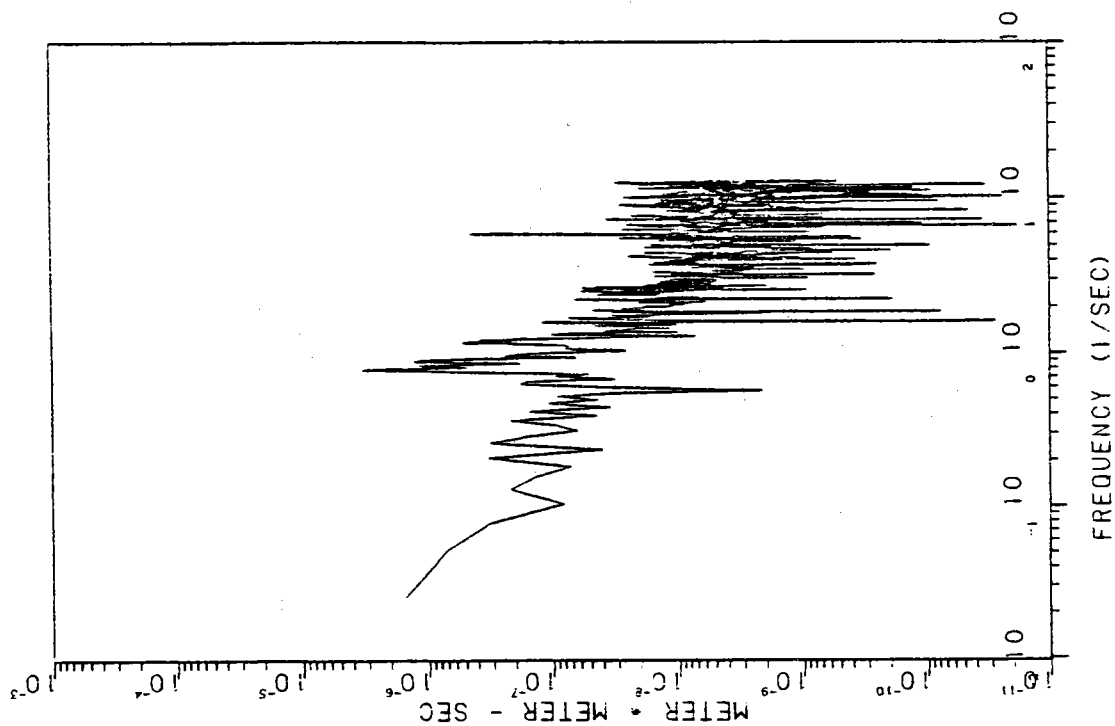
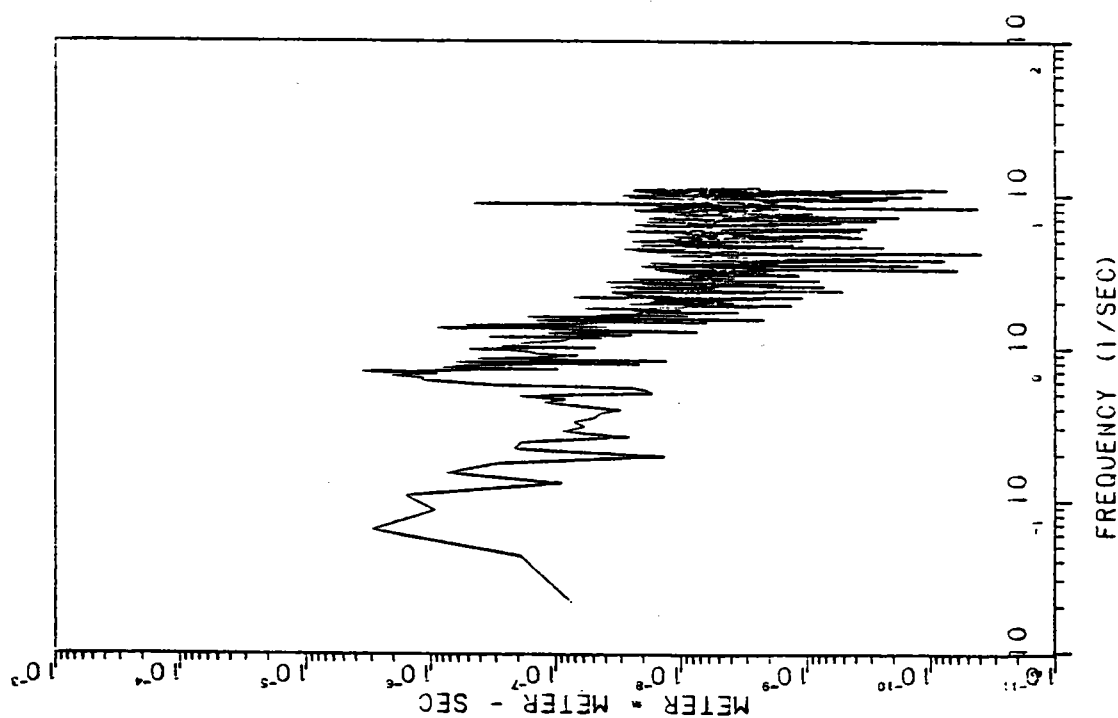


Figure 6-11(a) Wave Spectrum at Water Front of Terminal
 (Inner Harbour Terminal)

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

• DATE : 1986/10/09
 • DATA TYPE : SU-AO MODEL , CH NO. ~ 16
 • DATA NAME : 28SE140.000 READ SPD ~ 23
 • PEAK OF PERIOD : 1.39 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

• DATE : 1986/10/09
 • DATA TYPE : SU-AO MODEL , CH NO. ~ 8
 • DATA NAME : 28SE148.000 READ SPD ~ 23
 • PEAK OF PERIOD : 1.48 SEC

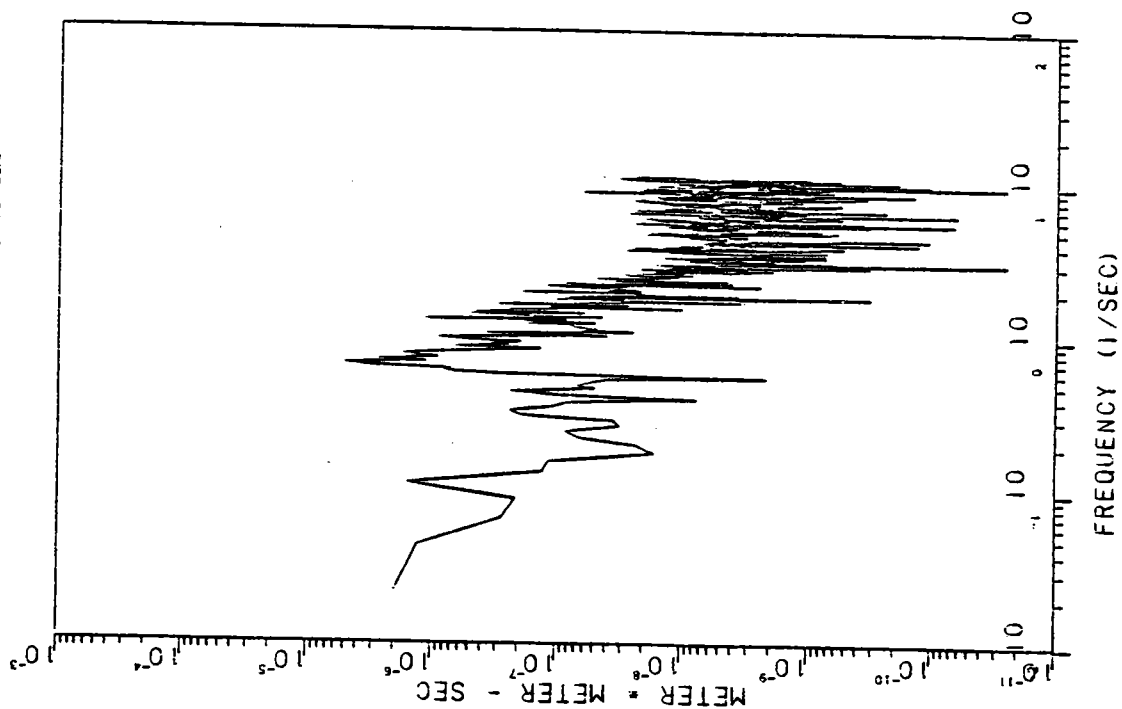
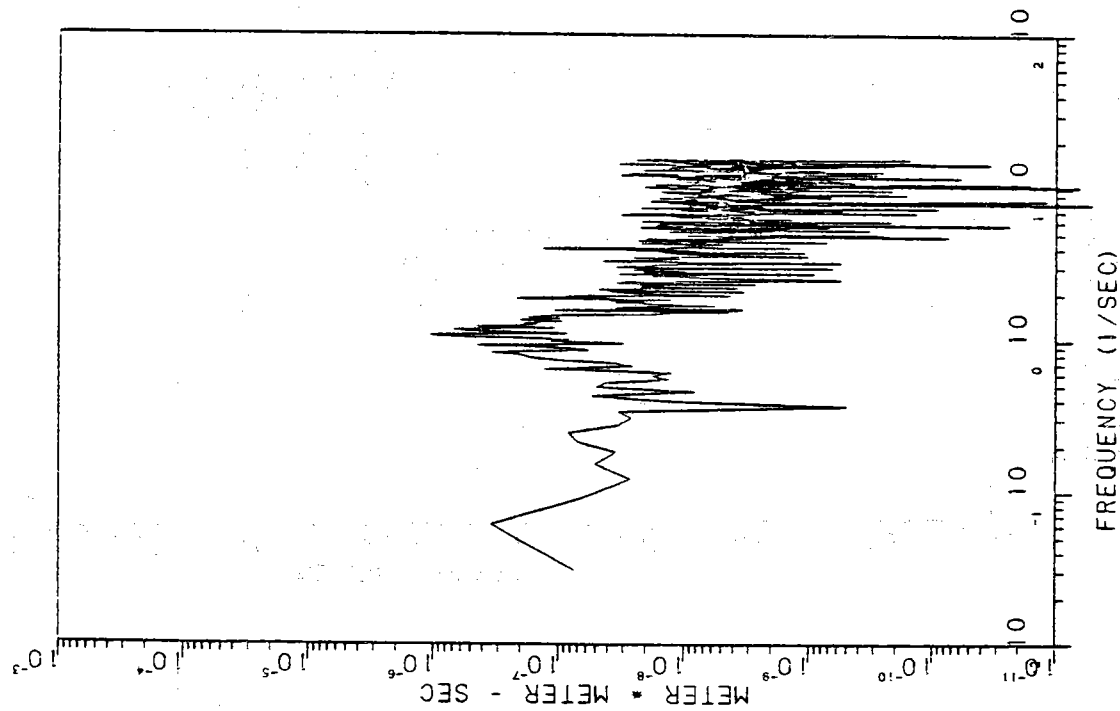


Figure 6-11(b) Wave Spectrum at Water Front of Terminal
 (Inner Harbour Terminal)

SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL , CH NO. : 8
 * DATA NAME : 2ANSE108.000 READ SPD = 32
 * PEAK OF PERIOD : 0.91 SEC



SPECTRAL DENSITY FUNCTION

* DATE : 1986/10/09
 * DATA TYPE : SU-AO MODEL , CH NO. : 08
 * DATA NAME : 2ANSE128.000 READ SPD = 27
 * PEAK OF PERIOD : 1.22 SEC

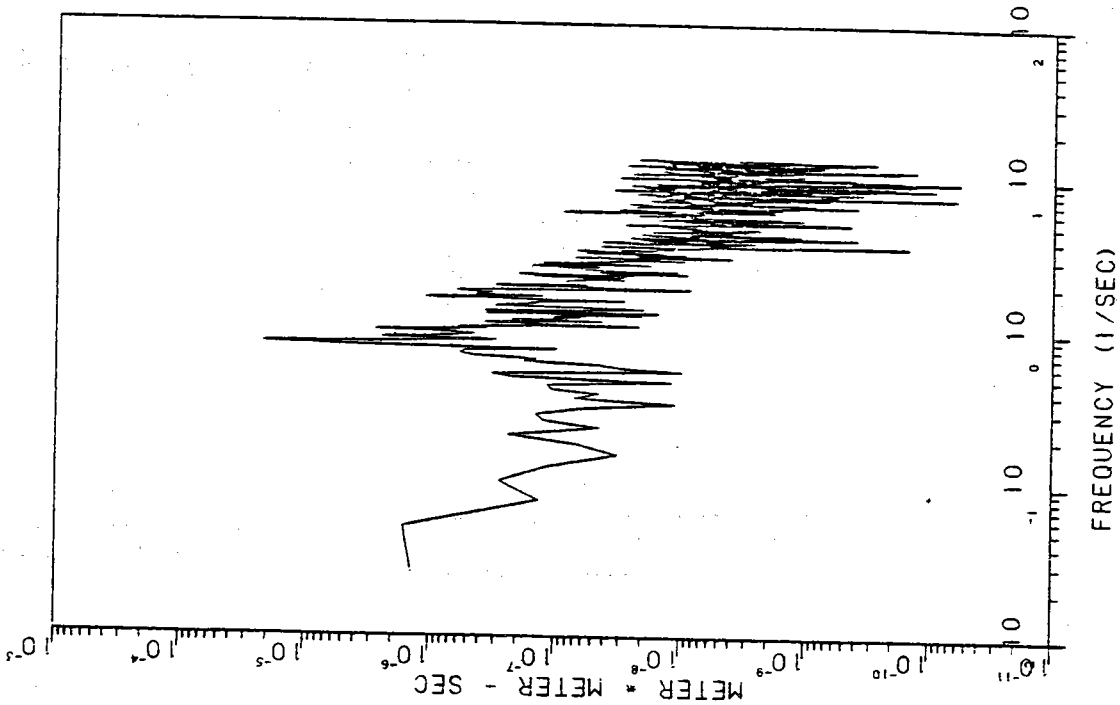


Figure 6-11(c) Wave Spectrum at Water Front of Terminal
 (Breakwater Terminal)

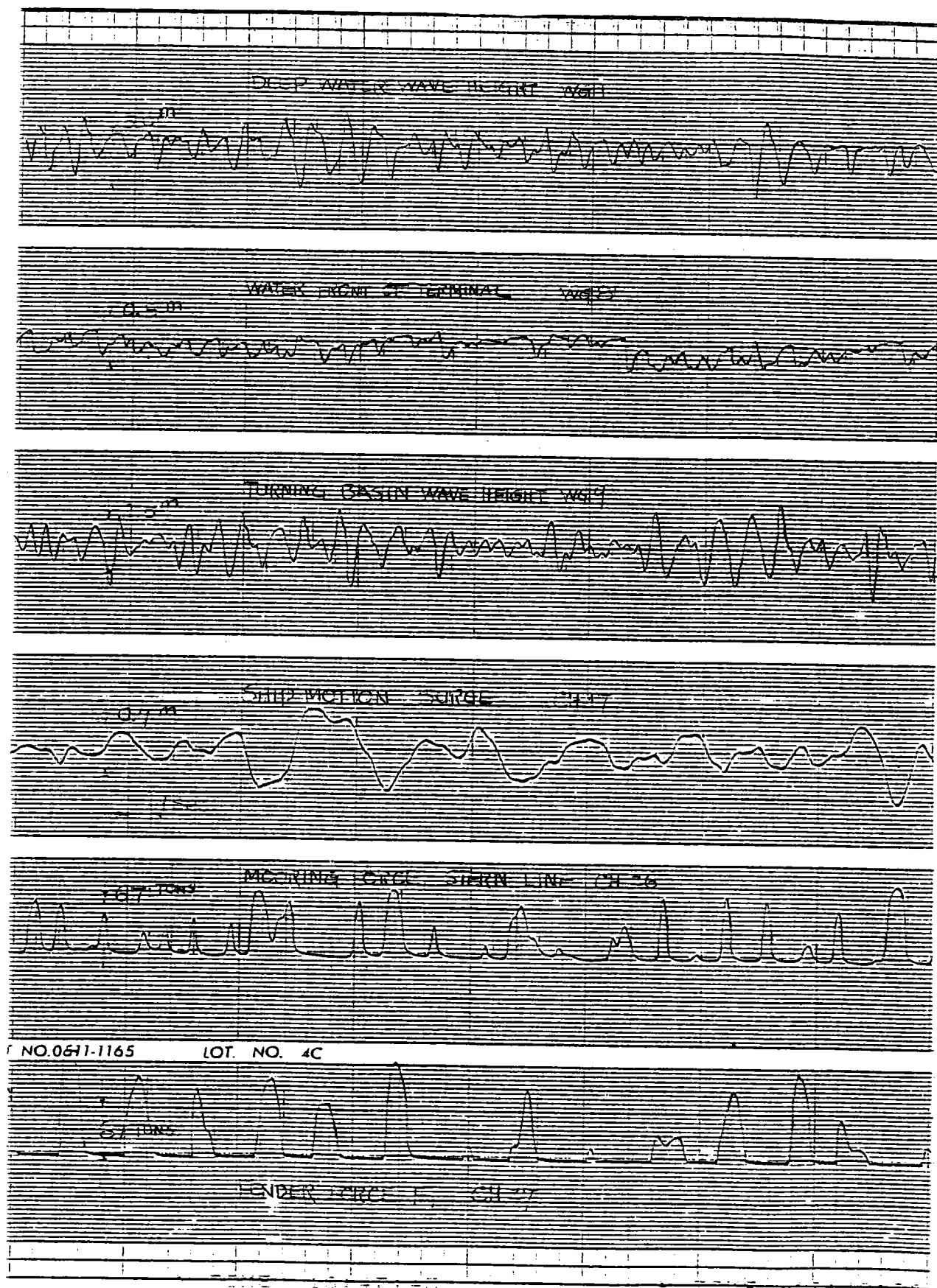


Figure 6-12(a) Time Series Records of Waves,
Ship Motions and Forces

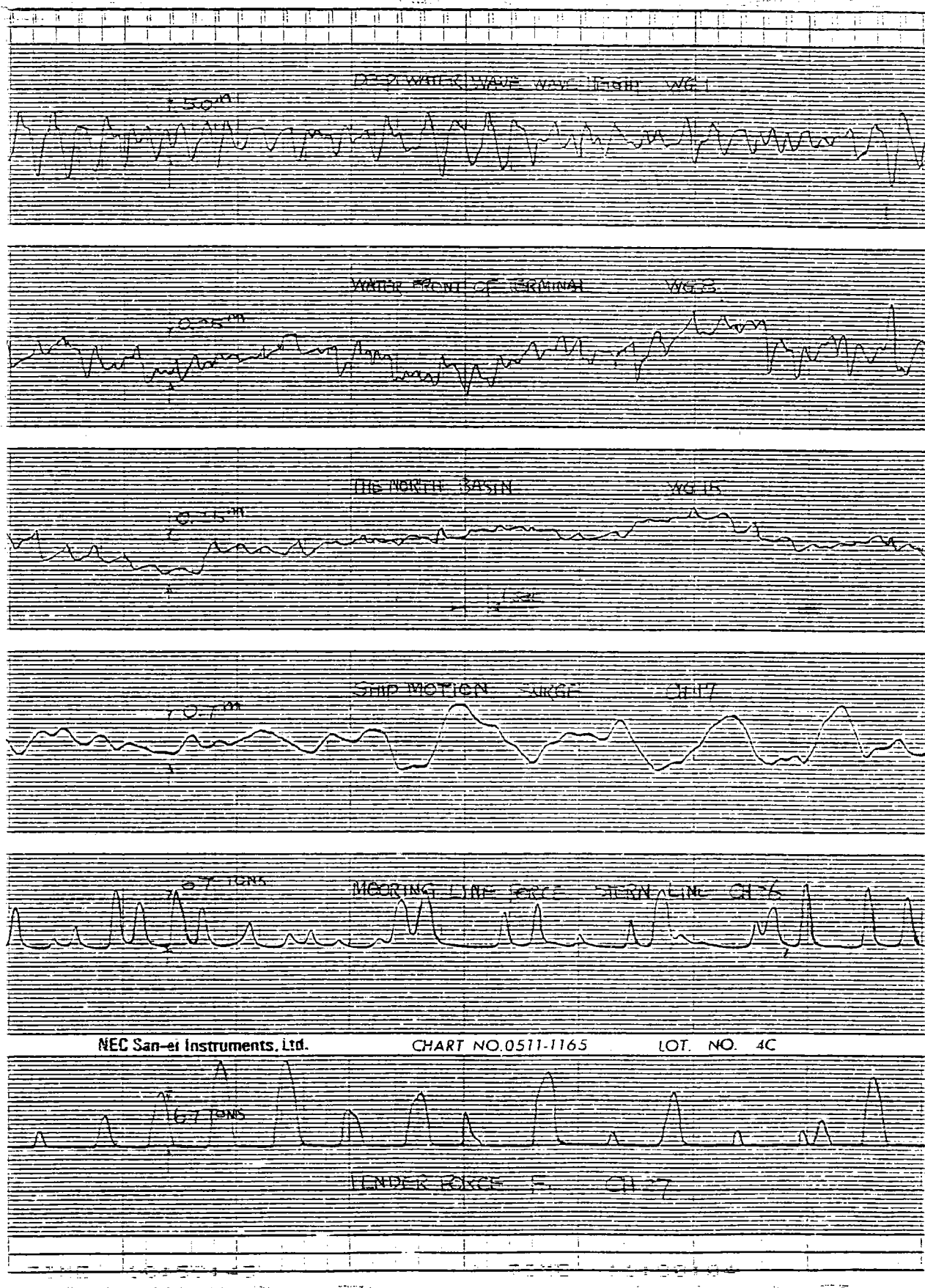


Figure 6-12(b) Time Series Records of Waves,
Ship Motions and Forces

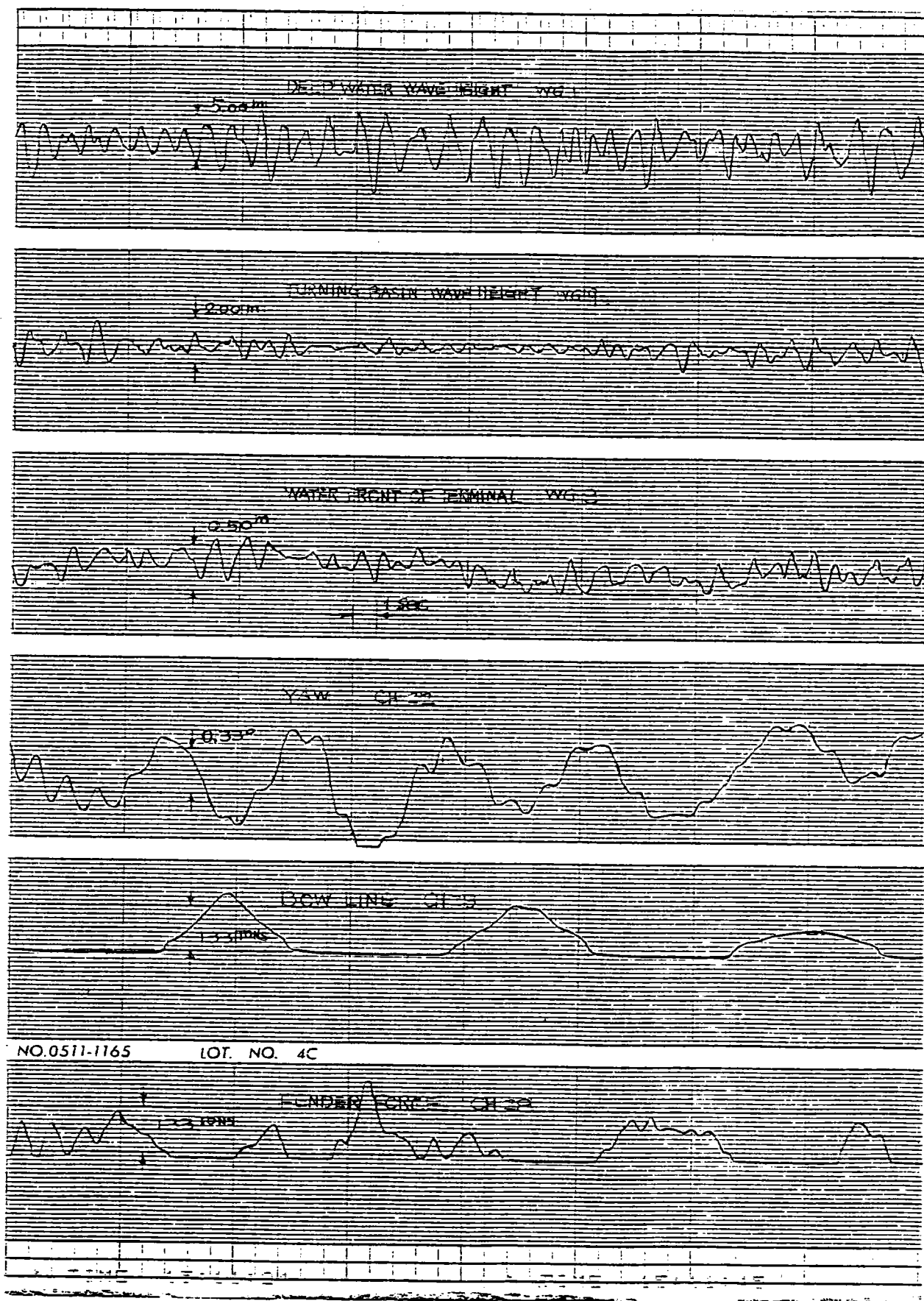


Figure 6-12(c) Time Series Records of Waves,
Ship Motions and Forces

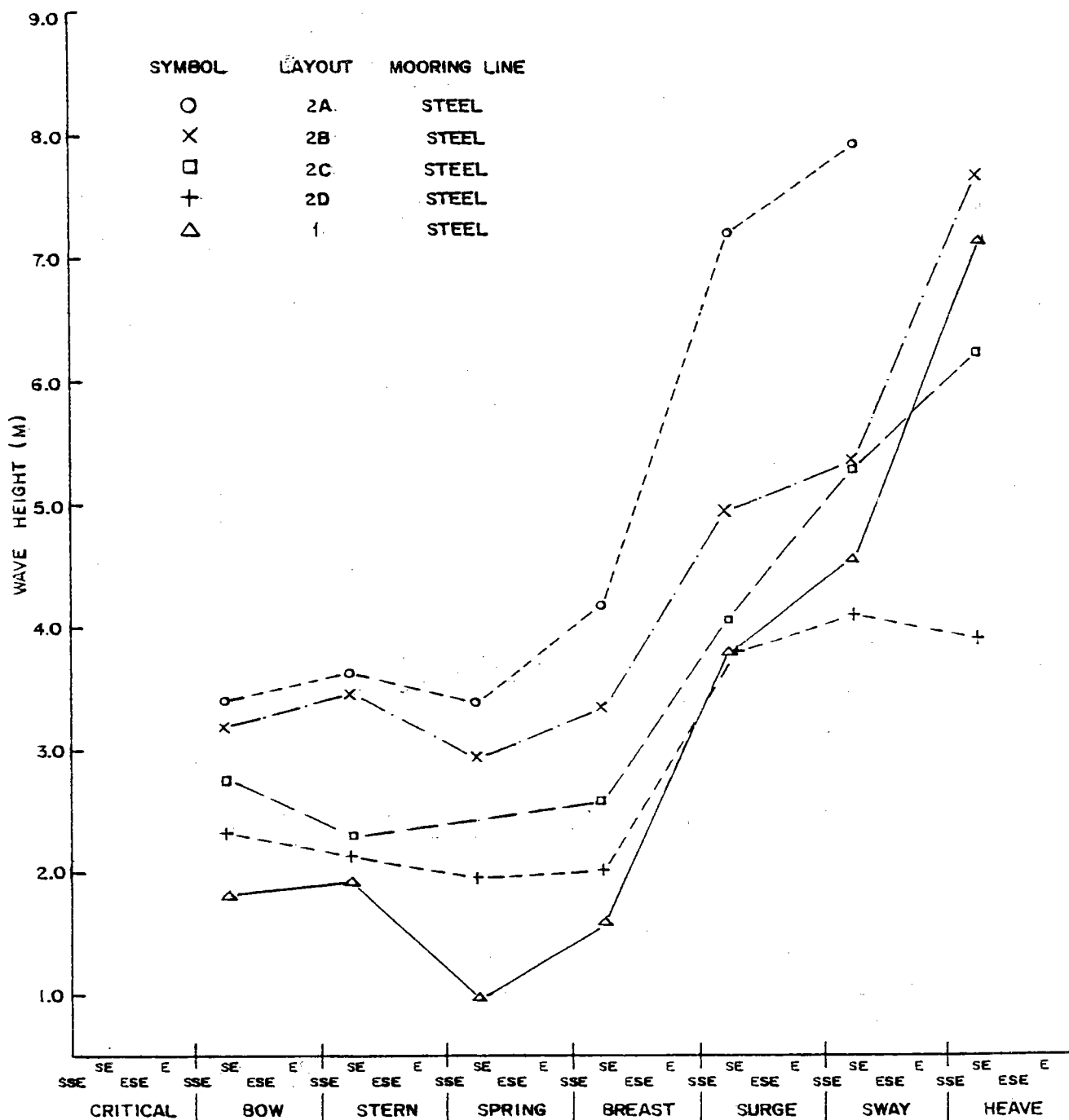


Figure 6-13 Wave Height That Causing Down Time Operation—SE Direction
Comparison of Different Layout

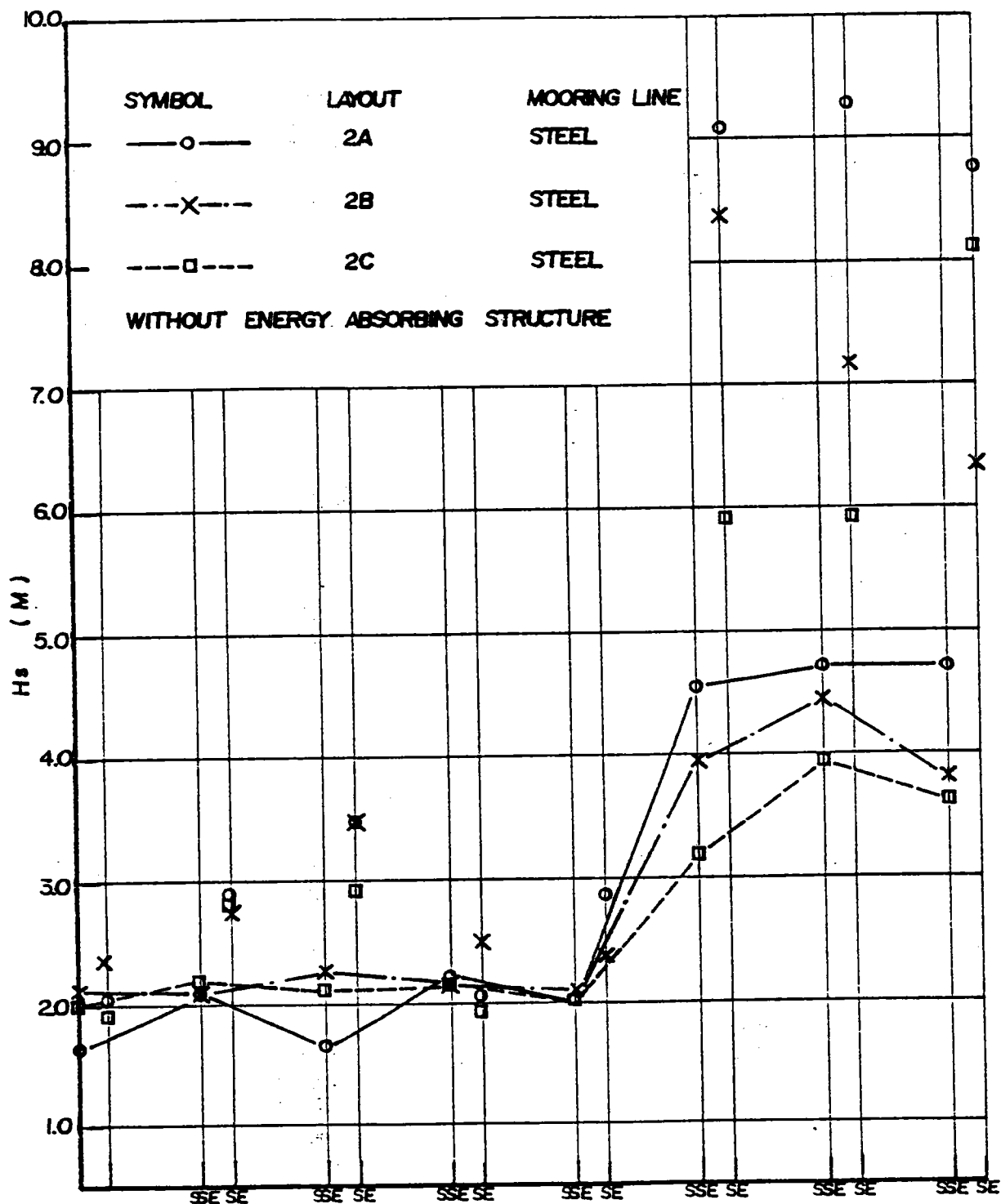


FIGURE 6-14 OPERATIONAL DOWN TIME WAVE HEIGHT OF MOTIONS AND FORCE
— THE BREAKWATER TERMINAL.

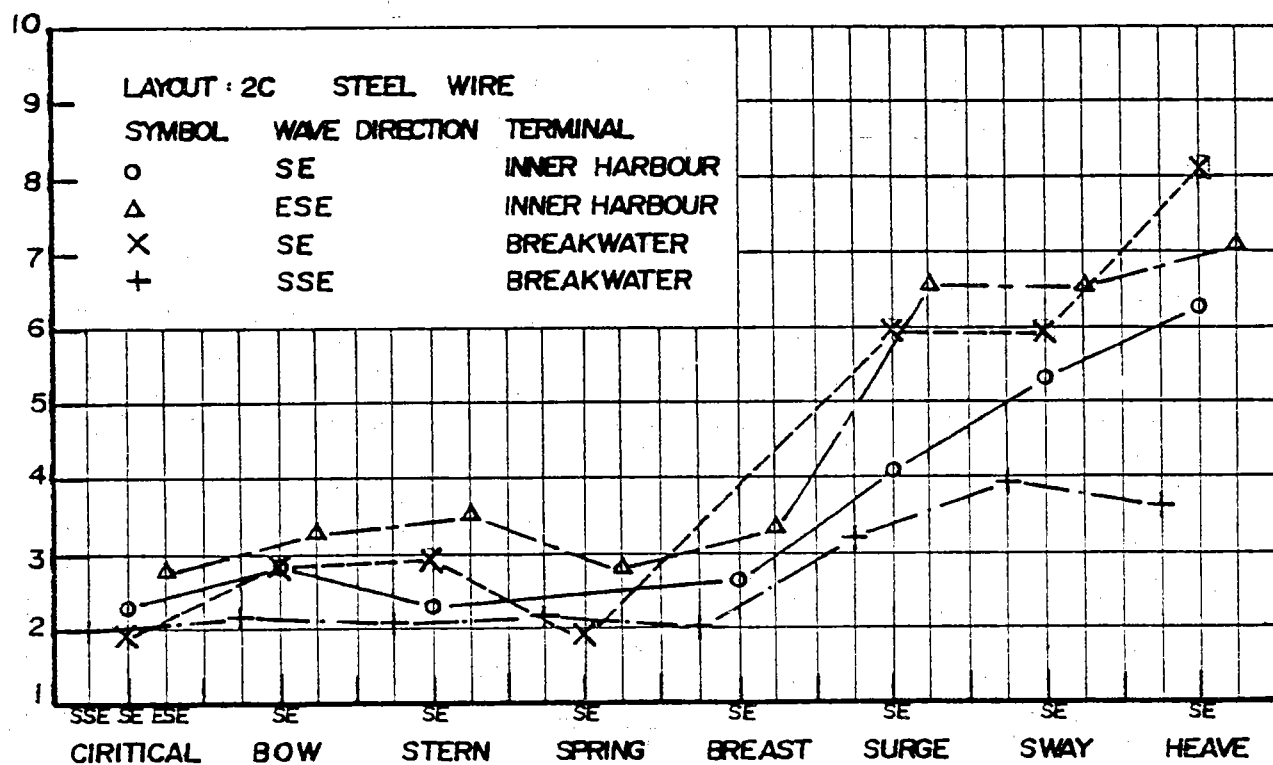


FIG 6 -15(a) COMPARISON OF OPERATIONAL DOWN TIME WAVE HEIGHT FOR TOW
TERMINAL LAYOUTS .

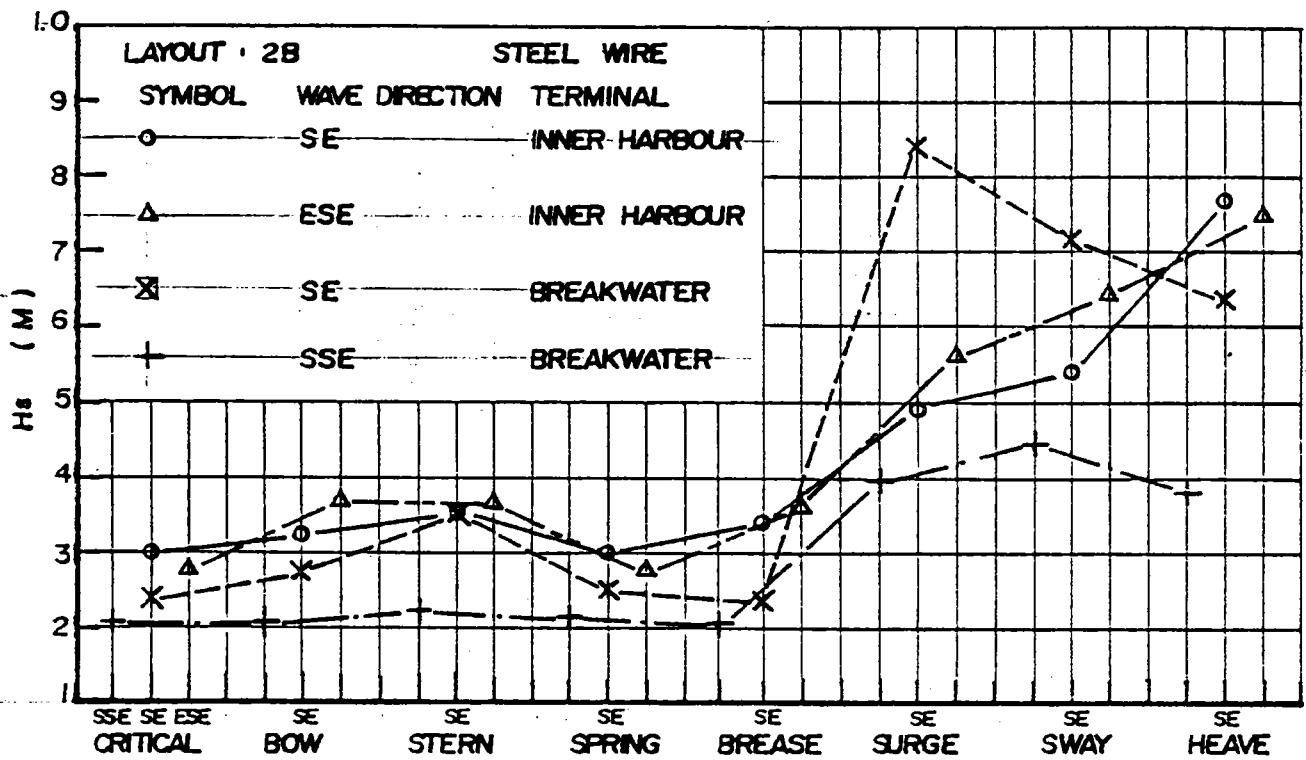


FIGURE 5-15 (b)

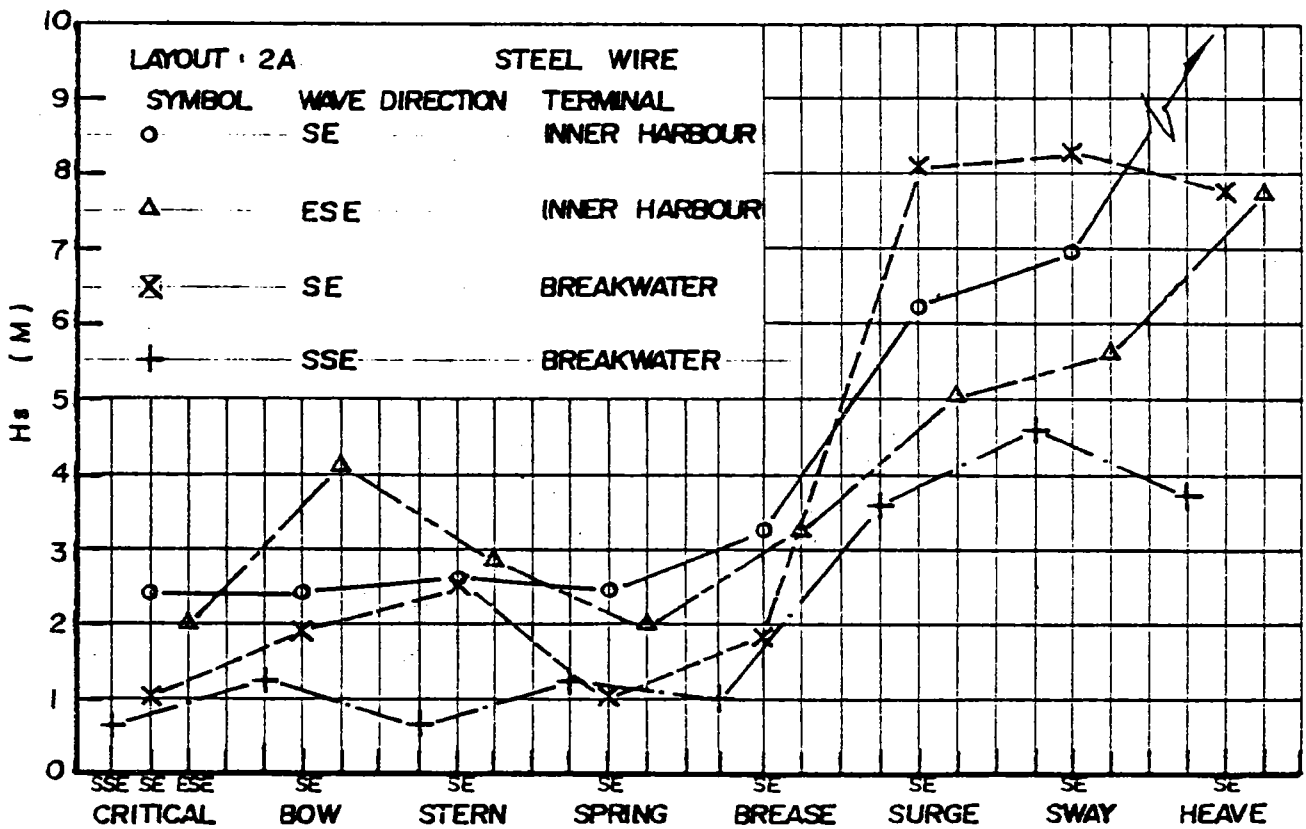


FIGURE 6-15 (c)

Table 6-5 WAVE HEIGHTS (M) THAT CAUSING DOWN TIME OPERATION
INNER HARBOUR TERMINAL

LAYOUT	WAVE DIRECTION	LOADING CONDITION	MOTION				MOORING LINE FORCE				CRITICAL WAVE HEIGHT
			SURGE	SWAY	HEAVE	YAW	BOW	STERN	SPRING	BREAST	
2A	SE	F	7.20	7.91	16.50		3.40	3.61	3.37	4.18	3.37
2A	ESE	F	6.00	6.61	8.70		5.08	3.85	2.95	4.18	2.95
2B	SE	F	4.83	5.34	7.64		3.18	3.45	2.94	3.34	2.94
2B	ESE	F	5.58	6.37	7.45		3.66	3.62	2.74	3.57	2.74
2C	SE	F	4.05	5.29	6.23		2.77	2.29		2.62	2.29
2C	ESE	F	6.55	6.52	7.11		3.25	3.48	2.78	3.30	2.78
2D	SE	F	3.81	4.10	3.90		2.30	2.12	1.96	2.00	1.96
2D	ESE	F	>5.00	7.00	>10.		1.53	2.81	2.60	3.10	1.53
1	SE	F	3.80	4.56	7.17		1.81	1.92		1.57	1.57
1	ESE	F	4.62	4.85	5.92		2.45	2.60	2.63	2.60	2.45
1	E	F	4.73	5.	8.09		2.52	2.05	1.85	2.62	1.85

NOTE : THE NORTH INNER BREAKWATER (N.I.B.) WITHOUT ABSORBING STRUCTURES
IN ALL TEST CASES

Table 6-6 WAVE HEIGHTS (M) THAT CAUSING VESSEL SURVIVAL
INNER HARBOUR TERMINAL

LAYOUT	WAVE DIRECTION	LOADING CONDITION	MOORING LINE FORCE				FENDER FORCE		CRITICAL WAVE HEIGHT
			BOW	STERN	SPRING	BREAST	F ₁	F ₂	
2A	SE	F	5.04	7.03	5.61	5.65	6.04	9.33	5.04
2A	ESE	F	9.88		4.50	5.41	8.26	9.70	4.50
2B	SE	F	5.49	6.06	5.21	5.26	6.27	6.96	5.21
2B	ESE	F	5.17	4.82	4.09	4.32	6.33	6.66	4.09
2C	SE	F	4.51	4.07		4.02	3.60	4.01	4.01
2C	ESE	F	4.83	4.92	3.99	3.90	6.54	6.55	3.90
2D	SE	F	3.05	2.85	2.30	2.80	2.75	2.69	2.30
2D	ESE	F	5.08	4.71	3.50	3.75	4.30	5.00	3.50
1	SE	F	2.78	2.60	1.94	2.67	3.61	3.08	1.94
1	ESE	F	3.70	3.81	3.54	3.42	4.12	3.95	3.42
1	E	F	3.48	4.39	3.01	3.94	4.56	4.49	3.01

NOTE : THE NORTH INNER BREAKWATER (N.I.B.) WITHOUT ABSORBING
STRUCTURES IN ALL TEST CASES.

Table 6-7 WAVE HEIGHTS THAT CAUSING DOWN TIME OPERATION
BREAKWATER TERMINAL

LAYOUT	WAVE DIREC- TION	N.I.B. W/WT ABS. STR.	LOAD. COND. F/P	MOTION				MOORING LINE FORCE				CRITICAL WAVE HEIGHT
				SURGE	SWAY	HEAVE	YAW	BOW	STERN	SPRING	BREAST	
N2A	SE	W	F	12.64	7.19	10.30	>5.0	2.90	3.95	2.40	2.73	2.40
	SE	WT	F	9.08	9.26	8.72	>5.0	2.89	3.45	2.03	2.83	2.03
	SE	W	P	6.70	5.74	6.93	>5.0	3.22	3.17	3.16	2.54	2.54
	SE	WT	P	12.84	5.58	5.89	>5.00	2.96	2.38		2.26	2.26
	SSE	W	F	4.23	4.67	4.33	3.35	1.64	1.66	2.16	2.10	1.66
	SSE	WT	F	4.54	5.57	4.70		2.23	1.63	2.22	2.00	1.63
	SSE	W	P	>10.00	4.20	7.87	3.20	2.40	2.21	3.07	2.10	2.10
	SSE	WT	P	9.42	4.00	5.40	2.90	2.45	2.38	2.77	2.13	2.13
N2B	SE	W	F	>10.0	8.10	6.47	4.65	2.81	3.42	2.15	2.58	2.15
	SE	WT	F	8.37	7.16	6.34	4.70	2.72	3.47	2.49	2.32	2.32
	SE	W	P	5.97	4.79	8.69	3.90	3.22	3.09	3.79	2.67	2.67
	SE	WT	P	5.95	5.49	6.40	3.90	3.13	2.76	2.77	2.60	2.60
	SSE	W	F	4.05	4.92	4.42	3.05	2.21	2.07	2.10		2.10
	SSE	WT	F	3.94	4.43	3.78	2.95	2.06	2.23	2.15	2.07	2.07
	SSE	W	P	3.79	3.20	3.30	2.65	2.25	2.18	2.35	1.88	1.88
	SSE	WT	P	3.74	3.14	3.35	2.62	2.32	2.32	2.64	2.08	2.08
N2C	SE	WT	F	6.49	12.03	6.49	4.80	2.92	2.92	2.51	2.33	2.33
	SE	WT	F	5.90	5.92	8.09	4.95	2.81	2.90	1.88		1.88
	SSE	W	F	3.61	4.24	3.65		2.23		2.17	2.15	2.15
	SSE	WT	F	3.17	3.92	3.61		2.17	2.09	2.14	1.97	1.97
N4*	SE	W	F	5.92	9.46	12.41		2.87	2.68	2.70	2.88	2.68
	SE	WT	F	5.12	5.14	6.44		2.34	2.38	2.41	2.52	2.34
	SE	W	P	7.34	4.74	6.13		3.37	3.27	3.96	2.66	2.66
	SE	WT	P	8.05	5.21	11.23		3.49	3.42	3.80	3.14	3.14
	SSE	W	F	4.39	4.52	4.12		2.24	2.33	2.31	2.30	2.24
	SSE	WT	F	4.36	4.41	4.02		2.42	2.45	2.41	2.11	2.11
	SSE	W	P	4.56	4.17	3.92		2.51	2.37	2.71	2.49	2.37
	SSE	WT	P	4.17	3.83	3.78		2.23		2.61	1.98	1.98

* NORTH BREAKWATER TERMINAL, LAYOUT 2 PROPOSED BY S.W.

Table 6-8 WAVE HEIGHTS THAT CAUSING VESSEL SURVIVAL
BREAKWATER TERMINAL

LAYOUT	WAVE DIRECTION	N.I.B. W/WT ABS. STR.	LOADING CONDITION F/P	MOORING LINE FORCE				FENDER FORCE		CRITICAL WAVE HEIGHT
				BOW	STERN	SPRING	BREAST	F ₁	F ₂	
N2A	SE	W	F	5.16	5.30	4.30	4.62	7.99	9.45	4.30
	SE	WT	F	4.57	5.24	3.95	3.96	6.82	6.56	3.95
	SE	W	P	4.54	4.53	5.67	3.67	3.52	4.03	3.52
	SE	WT	P	4.74	4.73	4.87	3.33	3.43	3.55	3.33
	SSE	W	F	3.18	3.02	2.57	2.74	4.10	3.39	2.57
	SSE	W	P	3.74	3.43	4.36	2.76	3.04	2.94	2.76
	SSE	WT	P	3.45	3.55	3.61	2.58	2.72	2.94	2.58
N2B	SE	W	F	5.14	5.67	3.90	4.04	6.31	8.13	3.90
	SE	WT	F	5.55	5.26	3.50	4.24	6.38	6.95	3.50
	SE	W	P	3.91	4.13	4.73	3.17	3.34	3.34	3.17
	SE	WT	P	3.93	3.86	3.85	3.33	3.32	3.16	3.16
	SSE	W	F	3.18	3.00	2.44	2.64	3.51	4.00	2.44
	SSE	WT	F	3.09	3.08	2.48	2.42	2.97	3.49	2.42
	SSE	W	P	2.65	2.69	2.79	2.20	2.70	2.72	2.20
N2C	SSE	WT	P	2.83	2.82	2.96	2.41	2.77	2.84	2.41
	SE	W	F	5.57	4.74	3.35	3.85	5.35	5.62	3.35
	SE	WT	F	5.00	6.14	3.10	3.89	4.62	5.42	3.10
	SSE	W	F	2.83	2.91	2.40	2.65	2.92	3.47	2.40
N4	SSE	WT	F	2.92	2.80	2.45	2.33	2.54	3.22	2.33
	SE	W	F	4.13	4.88	3.79	4.91	5.60	7.23	3.79
	SE	WT	F	3.71	3.85	3.18	3.71	4.46	4.02	3.18
	SE	W	P	4.76	4.80	4.89	3.81	4.24	4.36	3.81
	SE	WT	P	5.04	4.88	5.82	4.06	4.11	4.36	4.06
	SSE	W	F	3.35	3.03	2.80	3.08	3.10	2.76	2.76
	SSE	WT	F	3.07	2.45	2.41	2.11	3.00	2.78	2.11
	SSE	W	P	3.05	2.91	3.05	2.85	3.17	2.81	2.81
	SSE	WT	P	2.87	2.77	2.96	2.39	2.41	2.00	2.00

業波高分別如下表：

北外防波堤長度 (m)	不能作業波高(m)		二種碼頭 佈置容許 作業波高差 (m)
	內港碼頭佈置	防波堤碼頭佈置	
1250 (2C)	2.29	1.88	0.41
1650 (2B)	2.94	2.15	0.79
2050 (2A)	3.37	2.03	1.34

上表顯示，採用鋼索纜繩情況下，內港碼頭佈置容許作業波高較防波堤碼頭佈置為大；而當北外防波堤越長時，兩者間之差距越大，此種現象顯示內港碼頭佈置案不能作業波高隨北外防波堤延長而獲得較顯著提高；而防波堤碼頭佈置案則提高幅度不大，甚至由 1650^m 延長為 2050^m 時有降低之趨勢。

防波堤碼頭佈置案，完全暴露在 SSE 向波浪作用下，可以預期其不能作業波高將遠較內港碼頭佈置偏低。如果採用尼龍纜繩代替鋼索，內港碼頭佈置與防波堤佈置不能作業波高將有更顯著差異。因此如果僅考慮港池波浪穩靜，與容許作業波高兩項因素，內港碼頭佈置較防波堤碼頭佈置為佳。

4. 訂案佈置試驗結果

內港碼頭佈置案試驗結果顯示鋼索強韌度 (Stiffness) 太大，不容許船隻有足夠空間運動；如船隻產生少量之運動則作用於纜繩拉力急速增大，因此臨界不能作業波高均受限於纜繩拉力。為改善容許作業條件，定案佈置試驗改採用尼龍纜繩或鋼索附加 5 公尺尾纜。

附錄 VI 為船隻運動、纜繩及護舷受力與深海入射波高關係。不能作業波高及船隻疏散波高如表 6-9 及 6-10。定案佈置試驗結果不能作業波高與疏散波高分別採用兩種方法求得，其一為二次迴歸曲線，另一為採用每組試驗較大值利用觀察法。

比較尼龍繩與鋼索繫纜試驗結果不能作業波高繪如圖 6-16。由於尼龍繩強韌度較小，有足夠空間供船隻運動。纜繩與運動所求得不能作業波高非常接近。因此如採用尼龍繩代替鋼索繫纜時，容許作業波高可提高 1.22^m 至 2.46^m，隨入射波向而定。採用尼龍繩與鋼索最小容許作業波高分別

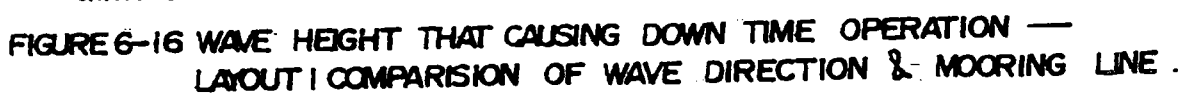


Table 6-9 WAVE HEIGHTS THAT CAUSING DOWN TIME OPERATION
FINAL TESTS

WAVE DIRECTION	LOADING CONDITION	MOTION				MOORING LINE FORCE				CRITICAL WAVE HEIGHT
		SURGE	SWAY	HEAVE	YAW	BOW LINE	STERN LINE	SPRING LINE	BREAST LINE	
SSE*	F	3.26	3.86	4.70	3.23	3.05	3.75	4.17	3.55	(2.91*) 3.05
		2.70	3.60	4.70	3.00	2.75	3.20	4.05	3.20	2.70
SSE	P	3.00	3.83	4.10	4.13	3.09	3.66	3.63	3.57	3.00
		2.60	3.50	3.75	3.80	2.65	3.10	3.00	2.95	2.60
SE	F	3.50	3.77	5.62	3.93	3.42	3.73	3.81	3.82	3.42
		3.35	3.60	>5.00	3.35	3.20	3.55	3.30	3.25	3.25
SE	P	3.54	3.84	5.59	3.59	3.72	3.66	4.45	4.98	(2.86) 3.54
		2.95	3.80	4.75	3.35	3.40	3.45	3.70	4.55	(2.65) 2.95
ESE	F	3.76	3.59	6.10	3.66	3.70	3.67	4.00	3.71	3.67
		3.30	3.30	>5.00	3.35	3.50	3.20	3.70	3.25	3.20
ESE	P	3.33	5.51	8.05	5.21	4.56	4.58	4.87	4.86	3.33
		3.20	>5.00	>5.00	4.85	4.10	4.00	4.10	4.40	(3.10) 3.20
E	F	3.69	4.44	6.70	4.10	3.95	4.13	4.09	4.26	(3.60) 3.69
		3.50	4.50	>5.00	4.20	3.75	4.10	3.30	3.90	(3.40) 3.50
E	P	4.89	5.00	5.77	5.32	4.24	4.48	5.33	5.00	(4.09) 4.24
		>5.00	>5.00	>5.00	>5.00	4.00	4.60	>5.00	4.10	(3.90) 4.00
SE*	F	3.40	4.12	4.79	3.05	2.48	2.30	2.44	2.68	2.30
		3.20	3.60	4.65	2.85	2.00	2.00	2.00	2.60	2.00
SE ^o	F	3.52	3.99	5.19	3.70	3.46	3.43	3.74	3.94	3.43
		3.35	3.40	>5.00	3.40	3.20	3.35	3.55	3.70	3.20
SE*	F									

*LAYOUT 1, NIB WITHOUT ABSORBING STRUCTURE, MOORING WITH NYLON ROPE.

*LAYOUT 1, NIB WITHOUT ABSORBING STRUCTURE, MOORING WITH STEEL WIRE.

^oLAYOUT 1, NIB WITH ABSORBING STRUCTURE, MOORING WITH NYLON ROPE.

*FENDER FORCE LARGER THAN 220TONS WHICH CONTROLS CRITICAL WAVE WEIGHT

Table 6-10 WAVE HEIGHTS THAT CAUSING VESSEL SURVIVAL
FINAL TESTS

WAVE DIRECTION	LOADING CONDITION	MOORING LINE FORCE				FENDER FORCE		CRITICAL WAVE HEIGHT
		BOW	STERN	SPRING	BREAST	F ₁	F ₂	
SSE ^o	F	4.88	4.98	5.35	5.07	3.59	2.91	2.91
		4.40	4.20	>5.00	>5.00	3.05	2.90	2.90
SSE	P	4.33	4.42	4.80	4.52	3.73	3.44	3.44
		4.10	4.15	4.15	4.35	3.50	3.10	3.10
SE	F	4.67	4.78	4.54	4.46	4.01	3.81	3.81
		4.40	4.90	4.40	4.20	3.50	3.30	3.30
SE	P	4.53	4.71	7.23	7.78	3.29	2.86	2.86
		4.70	4.70	>5.00	>5.00	3.15	2.65	2.65
ESE	F	4.54	4.56	5.53	4.41	3.80	3.40	3.40
		4.85	4.75	>5.00	4.30	3.55	3.10	3.10
ESE	P	6.79	7.45	7.75	6.67	3.90	3.67	3.67
		>5.00	>5.00	>5.00	>5.00	3.55	3.55	3.55
E	F	4.90	6.43	5.64	5.08	5.35	3.60	3.60
		>5.00	>5.00	5.00	>5.00	4.65	3.40	3.40
E	P	5.38	5.69	7.28	>>5.00	4.46	4.09	4.09
		>5.00	>5.00	>5.00	>>5.00	4.20	3.90	3.90
SE*	F	3.71	4.47	3.41	3.77	3.85	3.17	3.17
		3.70	3.75	2.80	3.55	3.35	2.80	2.80
SE ^o	F	4.14	4.20	4.50	4.75	4.04	3.78	3.78
		4.25	4.40	4.90	>5.00	3.90	3.60	3.60
SE*	F							

爲 3.05^m 及 0.96^m 。

卡估算不能作業及疏散時間

因缺乏可靠之外海實測波高超過頻率關係圖，本研究僅能根據圖 3-6 波高超過頻率關係估算不能作業時間及船隻疏散時間。將來如獲得更可靠之波高超過頻率關係圖，則可根據不能作業波高及船隻疏散波高重新估算。

船隻滿載及 15% 載重全年不能作業時間估算如表 6-11. 及 6-12.。利用二次迴歸曲線求得全年碇靠船隻不能作業時間分別爲滿載 142 小時，15% 載重 161 小時。如果以較大值採用視察法估算，則不能作業時間分別增加爲 183 小時及 209 小時。不論滿載或部份載重，採用較大值估算不能作業時間約增加 30%。假設每次發生不能作業時間平均延時爲 3 小時，則可解釋爲一年約有 50. 至 60. 次風浪使碇靠船隻不能作業。

船隻因風浪太大碇靠卸煤碼頭可能發生危險，需駛往他處避難，估算分別爲滿載 136 小時／年，15% 載重 125 小時／年。每年約有 40. 至 50. 次風浪船隻不能碇靠卸煤碼頭。

Table 6-12 DOWN TIME FOR OPERATION - PARTIAL LOAD

ITEM WAVE DIRECTION	Hs (M) CAUSING DOWN TIME	EXCEEDANCE FREQUENCY (%)	DOWN TIME (hrs.)	EVENT (3hrs/EVENT)	N O T E
SSE	3.00	0.32	28.0	9.3	THE BEST FITTING
SE	2.86	0.45	39.4	13.1	
ESE	3.33	0.97	85.0	28.3	
E	4.09	0.10	8.8	2.9	
			161.2	53.6	

ITEM WAVE DIRECTION	Hs (M) CAUSING DOWN TIME	EXCEEDANCE FREQUENCY (%)	DOWN TIME (hrs)	EVENT (3hrs/EVENT)	N O T E
SSE	2.60	0.35	30.7	10.2	EXTREME VALUES
SE	2.65	0.70	61.3	20.4	
ESE	3.10	1.20	105.1	35.0	
E	3.90	0.13	11.4	3.8	
			208.5		

Table 6-11 DOWN TIME FOR OPERATION - FULL LOAD

ITEM WAVE DIRECTION	Hs (m) CAUSING DOWN TIME	EXCEEDANCE FREQUENCY (%)	DOWN TIME (hrs)	EVENT (3hrs/EVENT)	N O T E
SSE	2.91	0.38	33.3	11.1	THE BEST FITTING
SE	3.42	0.12	10.5	3.5	
ESE	3.40	0.90	78.8	26.3	
E	3.60	0.21	19.4	6.1	
TOTAL			142.0	47.0	

ITEM WAVE DIRECTION	Hs (m) CAUSING DOWN TIME	EXCEEDANCE FREQUENCY (%)	DOWN TIME (hrs)	EVENT (3hrs/EVENT)	N O T E
SSE	2.70	0.49	42.9	14.3	EXTREME VALUES
SE	3.25	0.15	13.1	4.4	
ESE	3.20	1.18	103.4	34.5	
E	3.40	0.27	23.7	7.9	
			183.1	61.1	