

蘇澳港防波堤改善工程規劃

第四子計劃

防波堤受力之現場觀測與分析

邱永芳 何良勝

委託單位：省交通處基隆港務局蘇澳港分局

承辦單位：省交通處港灣技術研究所

中華民國八十六年二月

第四子計劃

防波堤受力之現場觀測與分析

計劃主持人：港研所海岸工程組
研究員 邱永芳博士

共同主持人：港研所海岸工程組
研究員 何良勝博士

摘 要

本計畫於蘇澳港外廓防波堤 SB19 沉箱壁面裝設波壓計、波高計、表面型地震計、埋入型地震計、沉箱下裝設孔隙水壓計，而於岸上設立資料擷取站，由資料記錄站可使用數據機直接將訊號傳送回港研所做立即的監測與資料處理，亦即本計畫建立了一套自動即時的資料監測系統，由量測而得之壁面波壓與波高目前已建立了一個簡易而明確的轉換關係，用於由壁面之水位變化來推測壁面所受之波壓力。防波堤下之孔隙水壓力變化亦與水位變化有明顯的轉換關係，唯應再進一步確認其間之關係式。

目 錄

摘要	I
目錄	II
圖目錄	III
表目錄	IV
符號說明	VII
第一章 前言	1
第二章 現場觀測系統按裝計畫	2
2-1 儀器系統架構	2
2-2 感測器按裝方式	4
2-3 儀器設備規範	12
2-4 資料擷取系統	18
2-4-1 自動觀測系統軟體功能架構	18
2-4-2 起動設定之建立	19
2-4-3 動態自動記錄系統之建立	20
第三章 堤面波壓與波高觀測及分析	23
3-1 理論架構建立	24
3-2 經驗式之建立	28
3-3 蘇澳港堤面受力之推算	33
附錄一 波高計讀取軟體 SP2200 操作摘要	62
第四章 孔隙水壓之量測	67
4-1 孔隙水壓計之按裝測試	67
4-2 現場觀測及結果	71

圖目錄

圖 2-1 工地位置圖	5
圖 2-2 儀器系統架構圖	6
圖 2-3 儀器裝設平面位置上視圖	7
圖 2-4 儀器安裝剖面圖	8
圖 2-5 沉箱海側儀器平面圖	9
圖 3-1 駐波波壓 1 階理論與 3 階理論值 P_3 比值和 H/L 之關係圖	37
圖 3-2 TF_S 值與無因次參數 $\omega^2 H/g$ 之分佈關係圖	37
圖 3-3 TF_S 值與無因次參數 $\omega^2 D/g$ 之分佈關係圖	38
圖 3-4 TF_S 值與頻率之分佈關係圖	38
圖 3-5 TF_S 值與經驗公式比較圖	39
圖 3-6 駐波波壓實驗值 P_m 與經驗值 P_e 、3 階值 P_3 之比值和之關係圖	39
圖 3-7 駐波波壓實驗值 P_m 與經驗值 P_e 、3 階值 P_3 之比值和之關係圖	40
圖 3-8 水深 70cm 駐波實驗曲線與經驗式及線性理論之 TF 值之比較圖	40
圖 3-9 駐波以示性波法表示之實驗結果與規則波經驗公式之比較圖	41
圖 3-10 固定板上波高計尺寸圖	42
圖 3-11 波高計波壓計按裝示意圖	43
圖 3-12 波壓波高時序列記錄圖	44
圖 3-13 波壓波高時序列記錄圖	45
圖 3-14 堤面波高波壓時序列記錄圖	46
圖 3-15 堤面波高波壓時序列記錄圖	47
圖 3-16 堤面波高波壓時序列記錄圖	48
圖 3-17 堤面波高波壓時序列記錄圖	49

圖 3-18 TG 值與無因次參數 $\omega^2 z/g$ 關係圖(示性波)	54
圖 3-19 TG 值與無因次參數 $\omega^2 z/g$ 關係圖(示性波峰)	55
圖 3-20 TG 值與無因次參數 $\omega^2 z/g$ 關係圖(示性波谷)	56
圖 3-21 TG 值與無因次參數 $\omega^2 z/g$ 關係圖(十分之一波)	57
圖 3-22 TG 值與無因次參數 $\omega^2 z/g$ 關係圖(十分之一波峰)	58
圖 3-23 TG 值與無因次參數 $\omega^2 z/g$ 關係圖(十分之一波谷)	59
圖 3-24 波壓分佈圖	60
圖 3-25 波力分佈圖	61
圖 4-1 電子式地下水壓計設圖	74
圖 4-2 孔隙水壓變化之歷時圖	75
圖 4-3 孔隙水壓變化之歷時圖	76
圖 4-4 孔隙水壓變化之歷時圖	77
圖 4-5 孔隙水壓變化之歷時圖	78
圖 4-6 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(示性波)	79
圖 4-7 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(示性波波峰)	80
圖 4-8 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(示性波波谷)	81
圖 4-9 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(十分之一波)	82
圖 4-10 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(十分之一波峰)	83
圖 4-11 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(十分之一波谷)	84
圖(5-10)地震計與放大器間之接線圖	94
圖 5-11 地震時各物理量之歷時圖	95
圖 5-1 旋轉式鑽機示意圖	98
圖 5-2 地震計埋設按裝圖	99
圖 5-3 表面型地震計安裝斷面圖	100

圖 5-4 SA 型地震計構造圖	101
圖 5-5 SA 型地震計接線圖	101
圖 5-6 X 或 Y 輸出波形(地震計安裝垂直)	102
圖 5-7 Z 軸輸出波形	102
圖 5-8 地震計傾斜輸出波形	102
圖 5-9 地震計傾斜輸出波形	102

表目錄

表(2-1) 儀器數量表	10
表(2-2) 儀器校正係數及按裝位置表	11
表 3-1 駐波實驗波壓具單峰波浪條件表	35
表 3-2 駐波實驗波壓具雙峰波浪條件表	35
表 3-3 造波機駐波實驗條件	36
表 3-4 波高統計表	50
表 3-5 波高統計表	51
表 3-6 波高統計表	52
表 3-7 波高統計表	53
表 4-1 孔隙水壓統計表	85
表 4-2 孔隙水壓統計表	86
表 4-3 孔隙水壓統計表	87
表 4-4 孔隙水壓統計表	88
表(5-1) 表面型絕緣電阻測定	97
表(5-2) 埋入型地震計安裝垂直檢驗測定	104

符號說明

H	波高
D	水深
L	波長
Z	波壓計設置位置 (以平均靜水位為零, 向下為正)
TF_S	駐波波高與波壓轉換函數
$\bar{P}$	無因次油壓 ($\bar{P} = P/\rho g$)
ω	角頻率 ($2\pi f$, f 為頻率)
$G_{\eta\eta}$	水位頻譜
$G_{\eta p}$	波壓頻譜
f_p	主頻率
$H_{1/3}$	示性波高
L_p	主頻率之波長
TF	進行波波高與波壓轉換函數
P_3	三階波壓理論值
P_e	經驗波壓值
P_m	量測波壓值
Coh	相關係數

第一章 前言

從民國 83 年 7 月到 83 年 10 月間連續四個颱風經過蘇澳港，直接對外廓防波堤造成破壞，其中為沉箱破壞及胸牆拋石堤與消波塊流失等連續式的破壞最為嚴重，而造成此連續性的颱風災害之主要可能發生的背景因素為颱風期間大波浪作用而引起大量越波，形成防波堤堤面受力增大及沉箱震動。本計劃即針對防波堤本身之受力與震動引起之問題做全盤性之調查研究。於防波堤上裝設波高計與波壓計直接量測防波堤壁面上之波壓力與波高，防波堤下裝設埋入式地震計及消波室內裝設表面形地震計量測地震或大波力造成的防波堤震動，對整個構造物之影響。由實際量測波高波壓資料進一步找尋直立壁面上波壓與波高之關係，進而建立二者間的經驗轉換函數，同時利用颱風預測模式推算直立壁面上之波高，再使用經驗轉換函數推算颱風波浪作用時所產生之波壓力。藉此經驗轉換函數的建立，期望使用於越波發生時直立壁面上壓力分佈的預測。又由實際量測的波堤震動結果討論長期受外力作用後因防波堤震動而引致防波堤承受外力能力減弱之情況，做為防波堤改善構造特性的依據。

第二章 現場觀測系統安裝計劃

本工程設置於蘇澳港南防波堤 SB19 號沉箱上，觀測房則設於南防波堤海防班哨內，其相關位置如圖 2-1 所示。本工程為自動化監測系統，主要監測項目為作用於防波堤上之波壓及波高、土壤孔隙水壓、地震震度等，所有儀器皆安裝於防堤上，安裝主要儀器項目為埋入型地震計 1 台、地表式地震計 1 台、孔隙水壓計 4 台、波壓計 6 台、波高計 1 台、訊號增幅器 16CH、地震警報裝置 1 套、資料處理系統 1 套等，詳細數量見表(2-1)。

2-1 儀器系統架構

1. 儀器裝設整個架構如圖(2-2)所示。

本系儀器的配置分成 3 區域分別為

A 區--防波堤所有之 Sensor 全部設於此區域。

B 區--本區之所有儀器全部裝設在堤防內側之基地上之觀測房，觀測屋內之儀器主要有信號調整器、資料取系統、不斷電裝置、數據機等。

C 區--設於港區內之辦公室，設備有數據機、個人電腦、地震即時顯示警報系統。

B 區到 C 區之間，裝設 1 條 4c 信號電纜線和 1 條 2c 之電源線。

2. 地震計、水壓計、波壓計所量測之訊號經避雷器及信號處理放大後，直接記錄在資料處理系統內，並經由數據傳輸器傳送至遠方之港務局辦公室及台中港研所，儀器安裝圖見圖(2-3)~圖(2-5)。

3. 波高計為一獨立系統，可設定間隔記錄時間，自動量測將資料直接儲存於 sensor 記憶體內，再由 PC 操作儲存於硬碟內。

4. 起動量測方式有地震起動和定時起動二種方式，地震起動為當地震發生後，震動強度達到觸發值的時候，資料擷取系統開始自動記錄，定時起動為每天固定時間起動，間隔時間可以自由設定，起動後記錄時間可以自由設定，目前本監測系統自動起動設定為 5gal 以上，每次記錄時間 2 分鐘，固定啓動為每一小時記錄一次時間為 20 分鐘。

5. 取樣頻率：地震起動取樣為 100Hz，定時起動取樣頻率為 5Hz。

6. 地震發生後能夠即時經由港務局辦公室內裝設 1 台地震即時顯示警報裝置得知地震強度。

7. 資料傳輸及讀取方式

a. 資料擷取系統部份：

(1) 定時前往觀測站，直接將硬碟內之記錄資料存在軟碟中帶回做更進一步之分析處理。

(2) 可以不到現地之觀測站，利用數據傳輸線直接傳送到辦公室內之個人電腦，做更進一步之資料處理。

b. 波高計

將現地之 RS-232C 電線直接和電腦連線，直接讀取資料。

2-2 感測器安裝方式

- (1)地震計及水壓計以鑽機鑽孔至固定之深度(視現地鑽探結果而定)，將地震計及水壓計埋入孔內並回填，電纜線延長接至觀測房內。
- (2)波壓計安裝，先於沉箱製作時預埋管線，將波壓計安裝於沉箱壁面，量測點與壁面齊。
- (3)波高計安裝法同波壓計，同時波高計設置斷面與波壓計同。
- (4)儀器安裝深度、儀器容量、校正係數、初始值如表 2-2 所示。
- (5)所有感測器安裝前、後，必需做動作檢查，確認儀器是否正常。
- (6)觀測房大小與位置依現地而設，目前觀測房位置選定於南防波堤海防警衛哨內。

蘇澳鎮街道圖

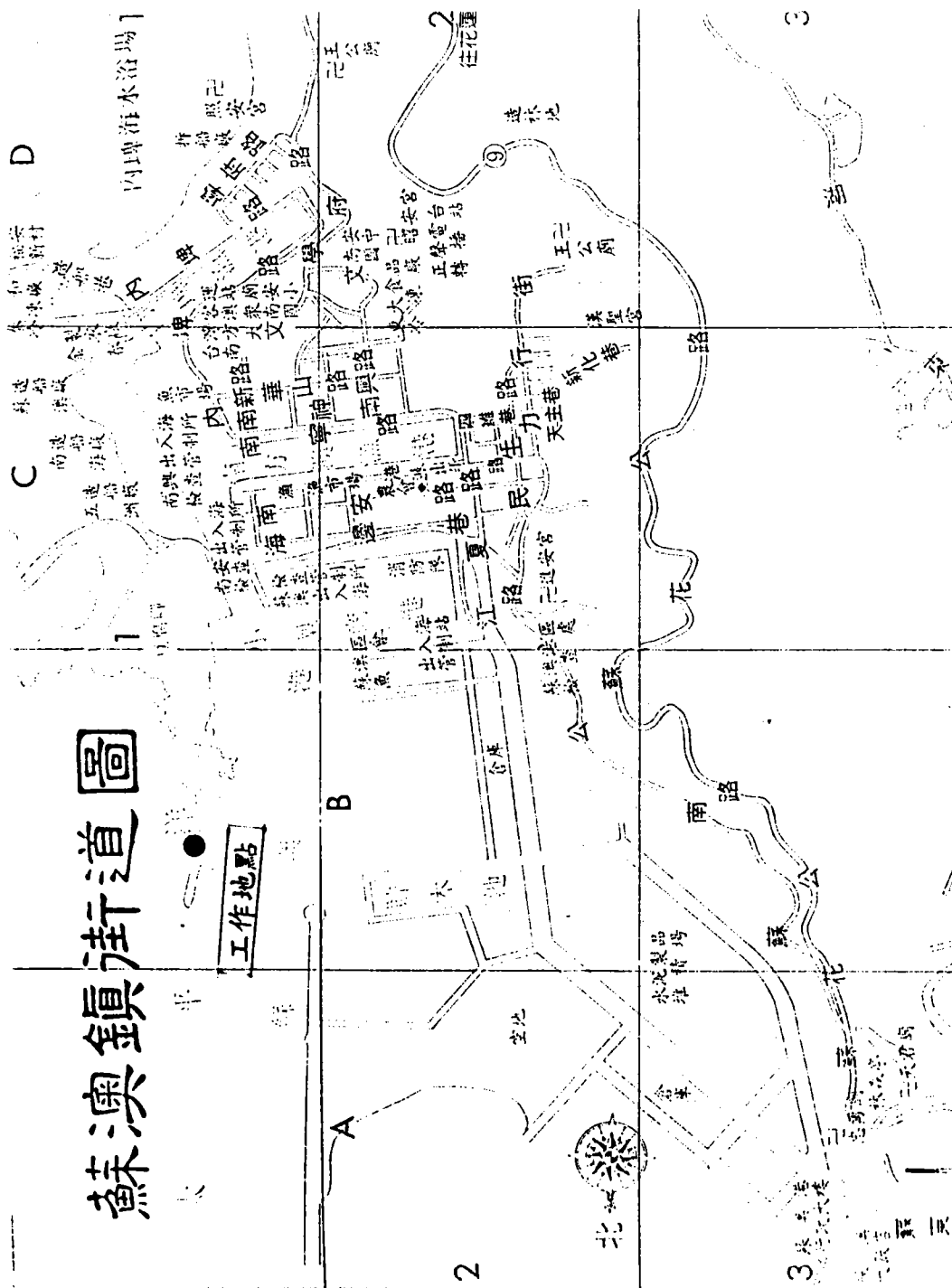


圖 2-1 工地位置圖

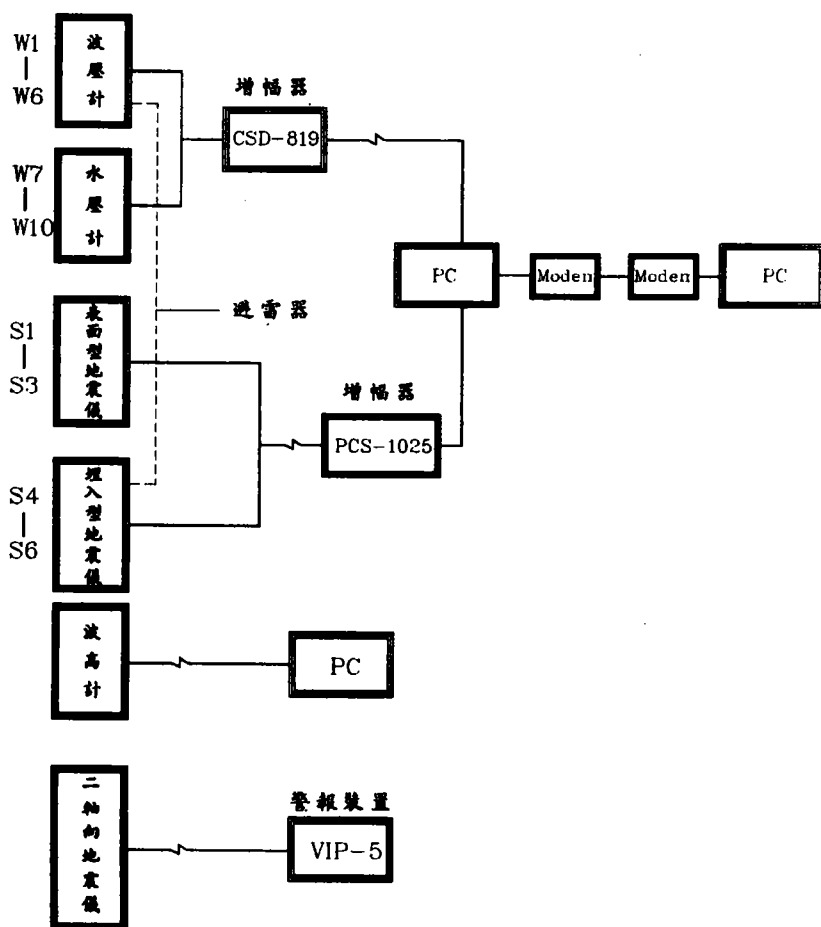


圖 2-2 儀器系統架構圖

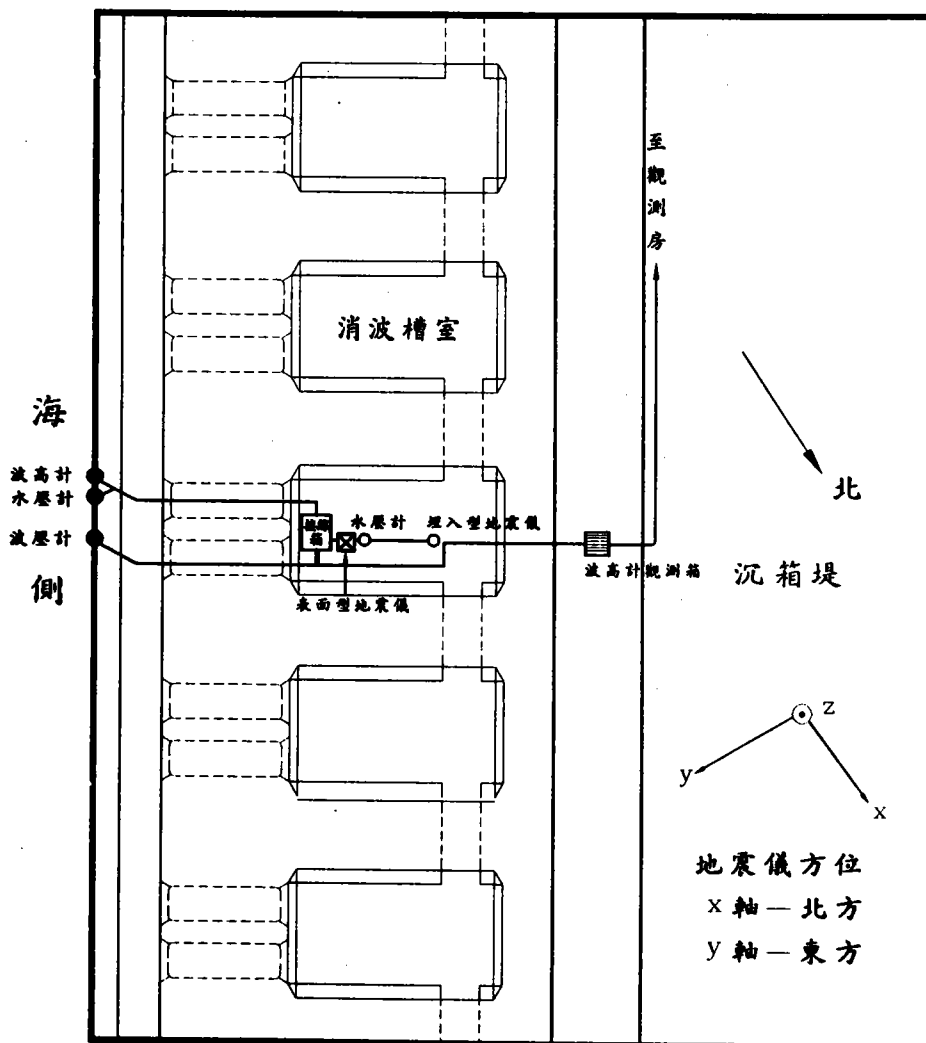


圖 2-3 儀器裝設平面位置上視圖

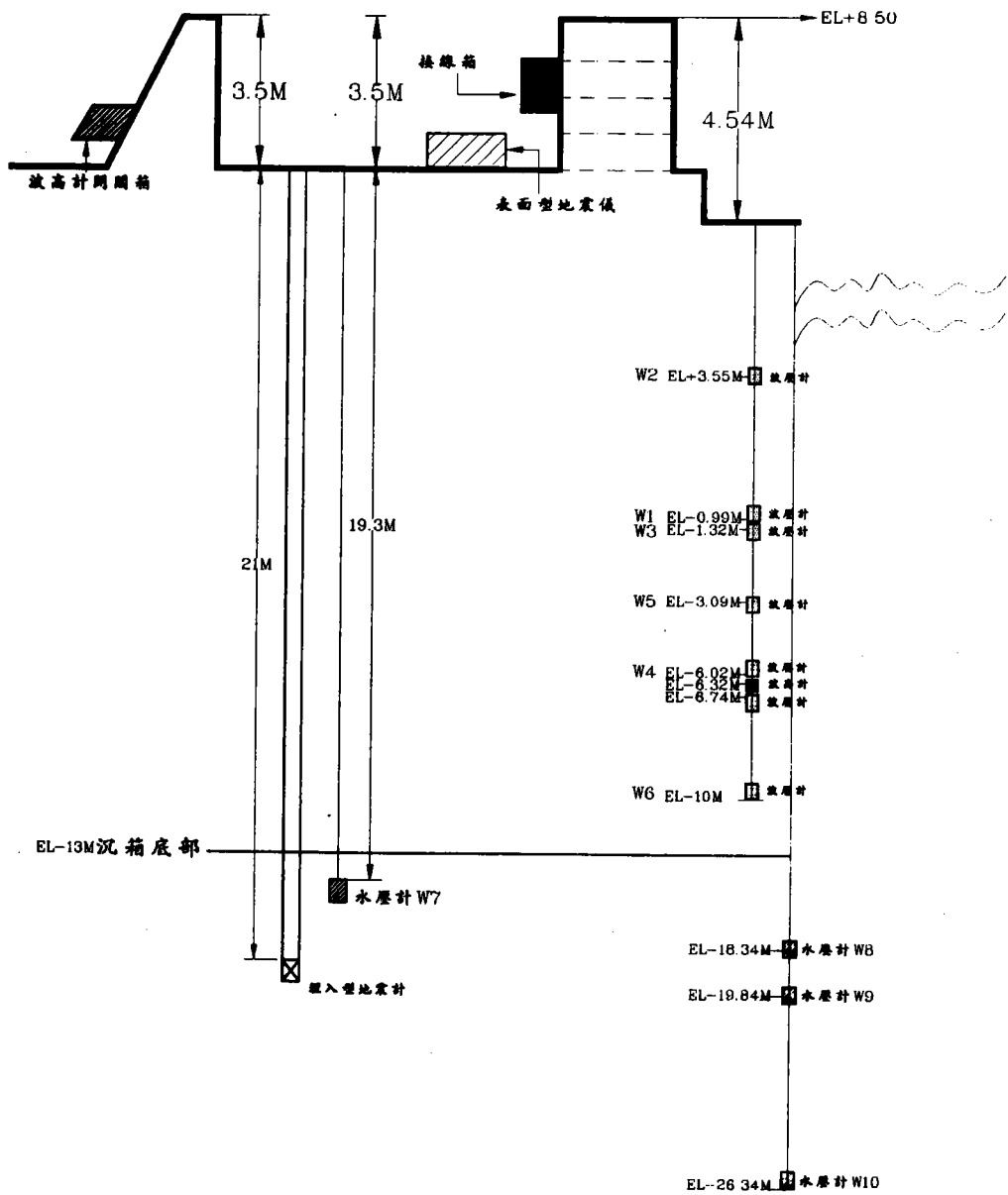


圖 2-4 儀器安裝剖面圖

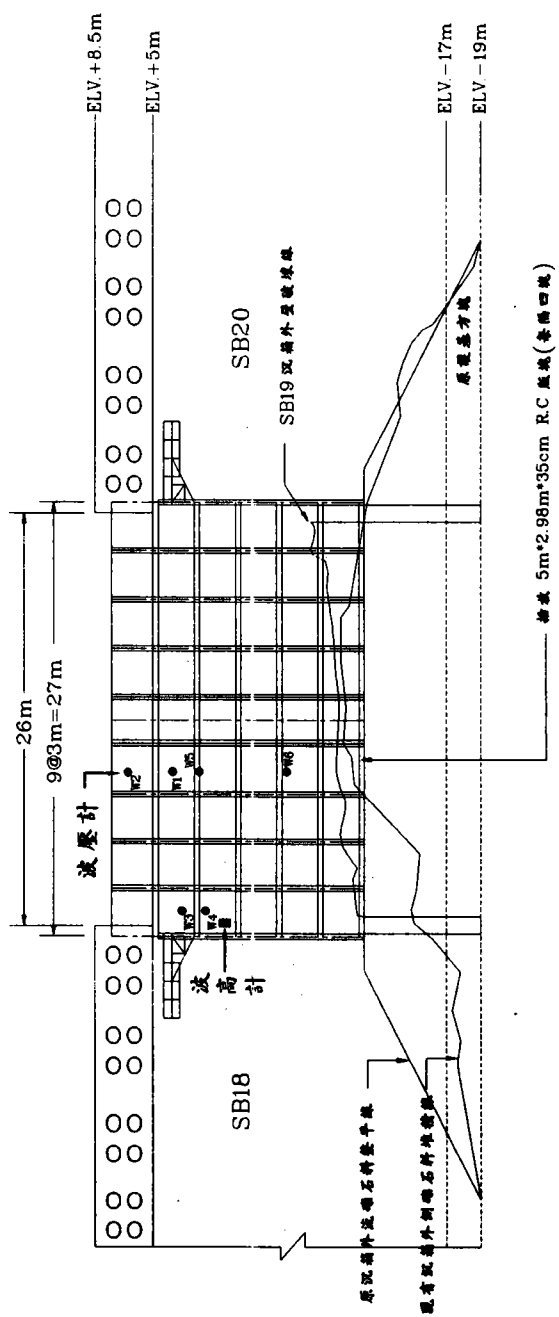


圖 2-5 沉箱海側儀器平面圖

表(2-1) 儀器數量表

儀器項目	廠 牌	規 格	數 量	儀 器 編 號
表面型地震儀	東京測振	三軸向 SA-375CT	1 台	S1 ~ S3
埋入型地震儀	東京測振	三軸向 SA-355	1 台	S4 ~ S6
波 壓 計	KYOWA	5kg/cm ² 2kg/cm ²	6 台	W1 ~ W6
水 壓 計	DOBOKU	10kg/cm ²	4 台	W7 ~ W10
波 高 計	WOODS HOLE	100PSI	1 台	
地震警報系統	東京測振	二軸向 VIP-5	1 台	安裝工務課辦公室
信號增幅器	NMB	CSD-819	10 台	波壓計及水壓計用
信號增幅器	東京測振	PCS-1025	1 台	地震儀用
電腦硬體設備		486-100 以上	2 台	觀測房及工務課辦公室
數據處理機	TAICOM	CCITT V.32bis with V.42bis	2 台	觀測房及工務課各 1 台
不斷電系統		2KV	1 台	觀測房
空調設備	西屋	8000btm	1 台	觀測房

表(2-2) 儀器校正係數及按裝位置表

儀器編號	原廠編號	校正係數	容 量	初 值	安裝深度 E L
波壓計 W1	830037	0.0008507	2kg	+6	-0.99M
波壓計 W2	840018	0.002040	5kg	-27	+3.55M
波壓計 W3	840023	0.002032	5kg	-12	-1.32M
波壓計 W4	830032	0.0009087	2kg	-7	-6.02M
波壓計 W5	840002	0.002078	5kg	-25	-3.09M
波壓計 W6	840001	0.002071	5kg	-36	-1.00M
水壓計 W7	35512	0.00334	10kg	55	-14.3M
水壓計 W8	840036	0.001974	5kg	9	-18.34M
水壓計 W9	35533	0.00335	10kg	70	-19.84M
水壓計 W10	35514	0.00336	10kg	80	-26.34M
波高計					-6.32M
埋入型地震儀					-16.0M

※安裝深度以堤防頂端為零值，請參照圖(2-4)所示。

2-3 儀器設備規範

1. 地震計

方 向：	水平×2，垂直×1
輸出信號方式：	電流(I)輸出方式
頻率範圍：	0.1~30Hz
靈 敏 度：	15 μ A/gal
量測範圍：	0.0003gal~ $\pm$ 1000gal
動作溫度：	-20°C~70°C
防 水 性：	30kg/cm ²
自動校正方式：	內含校正測試線圈(Test Coil)
尺 寸：	80×433mm
重 量：	約8kg

2. 水壓計

額定容量：	10kg/cm ²
直 徑：	ϕ 30mm
輸入(出)電阻：	350 Ω
輸出電壓：	1.5mV/V
非直線性：	0.3%R.O

3. 波壓計

額定容量：	2kgf/cm ²
最大直徑：	140mm
輸入(出)電阻：	350 Ω
輸出電壓：	1mV/V
非直線性：	1%R.O

4.波高計

感應器：

溫度感應器

感應器：

Paroscientific Temperature Sensor

範圍：

0-35°C

精度：

±0.1°C

解析度：

0.01°C

壓力感應器

感應器：

Paroscientific Digiquartz Sensor

範圍：

100psi

精度：

0.015%FS

解析度：

0.0015%FS

資料儲存

一般：

CMOS-RAM(記憶體)

容量：

4Mbyte(可擴充至12Mbyte)

讀取：

以RS-232與IBM相容PC相連

安全性：

雙層電池保護

定時開關

晶體：

振動石英(2.097152Hz)

穩定性：

超過0°C~+40°C會有一個ppm的誤差值

精度：

30秒/年

採樣方式

Burst Interval

連續式，2分鐘到24小時

Scans/Burst

8到4096 Scans(8的倍數)

Integration Period

0.25，0.5，1，2，4秒

Tide Intergration Period

off，3.75，7.5or15分

5. 增幅器

5-1 地震計用增幅器

感 度：	10mV/gal
量測範圍：	0.03~1000gal
校正信號範圍：	0~1000gal
電 源：	AC85V~115V
使用溫度範圍：	0° ~50°C

5-2 水壓計及波壓計用增幅器

1). 類比輸入

電橋電壓：	DC5V $\pm$ 5%，60mA以內(DC 2V或5V可變更)
輸入電壓：	$\pm 0.5\sim 3.0\text{mV/V}$ (B.V=5V時)
輸出電壓：	$\pm 10\text{V}$ (0.5mV/V，BV=5V時)，RL=5K Ω 以上
非直線性：	0.1% F.S以內
溫度漂移：	$\pm 0.5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

2). 數位顯示

顯示範圍：	-9999~+9999
顯 示 器：	紅色7段LED

3). 比較器

設 定 值：	-9999~+9999
設 定 數：	LO、HI 2點
輸出接點：	LO、HI、OK，1A接點

6.資料擷取系統

6-1.類比輸入擴充板

1片可外接16ch之輸入，可以擴充輸入頻道數，LED電源指示燈。

6-2.類比數位轉換器(A/D)

解析度：	16bit
CH 數：	16CH差動輸入
最高取樣頻率：	100Khz
輸入電壓範圍：	±10V，±5V，±2.5V
精確度：	0.003%±1LSB
輸入阻抗：	710MΩ

6-3.電腦硬體架構

①工業級電腦機架型機器

②14組內部插槽

③250W電源供應器

④486CPU Card 486-100

⑤2S/1P/FDD/HDD界面

⑥256KB快取記憶體

⑦8MB DRAM

⑧3 1/2"，1.44MB軟碟，540MB硬碟

⑨Super VGA Card，1MB on board，14"super VGA彩色顯示器

6-4.軟體基本功能

①資料傳輸功能(現地至港區辦公室)

②顯示各頻道波形

③起動方式之設定

④量測資料自動儲存，記錄存檔

7.數據處理機

規 格：	CCITT V.32bis with V.42bis
速 率：	14.4k bps
工作電源：	110VAC

8.不斷電系統

輸入/出：	110V±10%，60Hz
容 量：	2KV以上

9.桌上型電腦

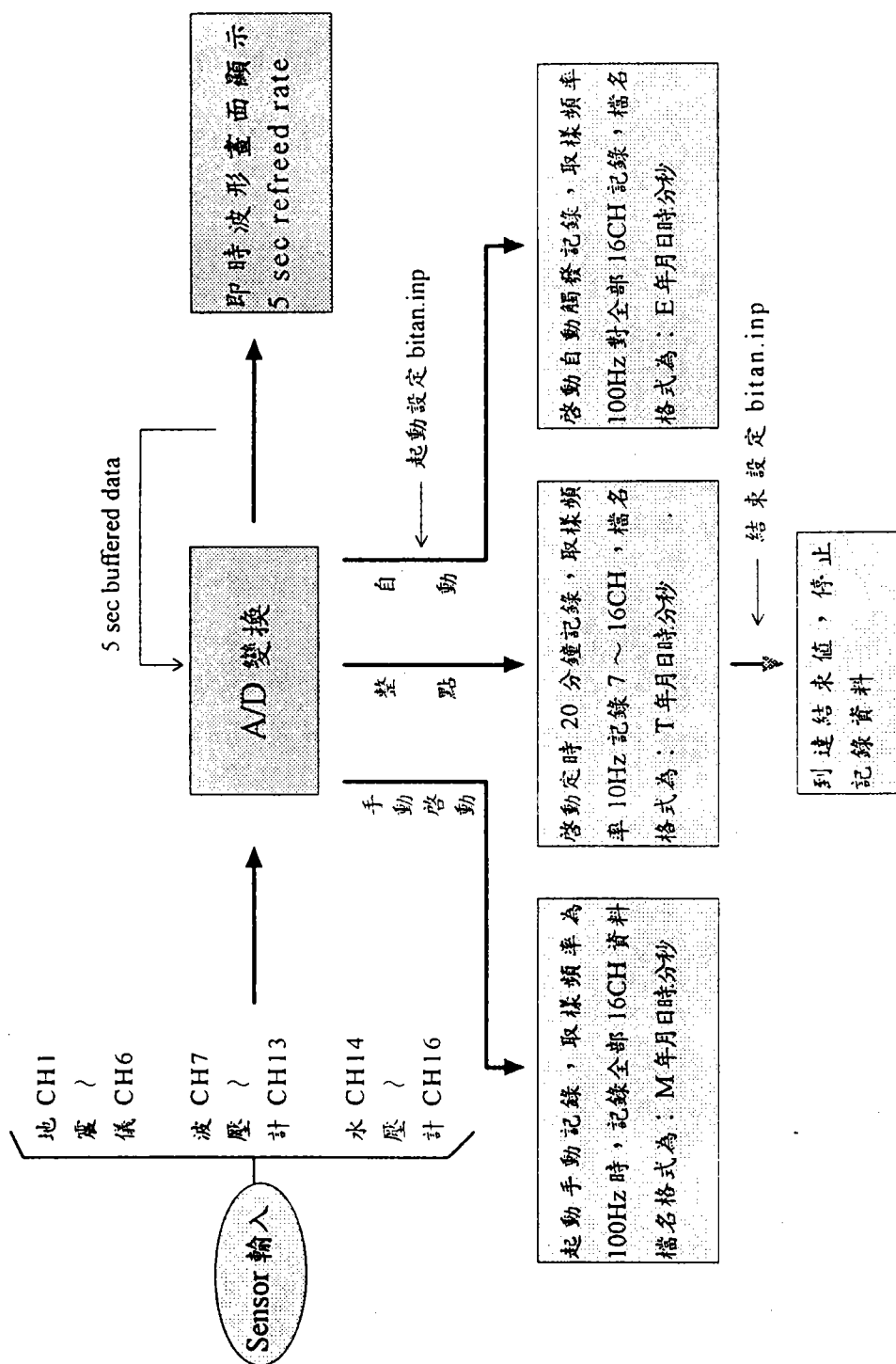
CPU	486DX2 ~ 100
系統記憶體	256KB快取記憶
擴充槽	4M DRAM 72Pin
磁碟機	7個(3個VL-BUS)
	540MB HDD×1
	5 1/4"，1.2M FDD×1
	3 1/2"，1.44M FDD×1
顯示器介面	VL S-3 1M VGA加速卡
電源供應器	14"彩色非交錯式螢幕
軟 體	250W
	MS-DOS 6.22
	Windows3.1
	遙控通訊軟體
光碟機	230MB，外接式

10.地震警報裝置

型 號：	VIP-5
地 震 計：	微小振動感知器(SP-5011)高感度加速度計(KS-91) 可測水平2方向和向量值。
頻率範圍：	0.1Hz～10Hz
最大加速度值顯示：	10進位5GAL～999GAL 顯示誤差±3%以內
警報器輸出：	分4階段ALARM輸出 接點容量AC-250V，5.0A DC-30V，5.0A(電阻負載)
內部控制：	水平2方向加速度相量合成顯示， ALARM輸出，全部以微處理機來控制。
電 源：	AC-110V，消耗電力約20W內部含不斷電裝置。
延長電纜線：	地震計，微小感知器和主機之間，8蕊電纜線為地震計用，3蕊電纜線為微小感知器用。
檢查功能：	TEST鍵可測試裝置功能是否正常(分4階段ALARM)
總合誤差：	±5%以內

2-4 資料擷取系統

2-4-1 自動觀測系統軟體功能架構



蘇澳港自動觀測系統軟體功能架構

2-4-2 起動設定之建立

起動設定為針對現地地震儀所量測之振動加速度值作為判斷是否起動記錄之標準。

起動之準則為選取三個頻道之動態取樣 5 秒鐘，以 AND 或 OR 邏輯來判斷是否要記錄檔案，因此在動態自動記錄下會有 5 秒鐘的記憶能力。

此外，為避免飄移雜訊之干擾，針對起動頻道加入一移除偏移電壓(offset removal)之功能。因此即使因外在干擾造成的直流偏移很大，亦不致起動記錄。

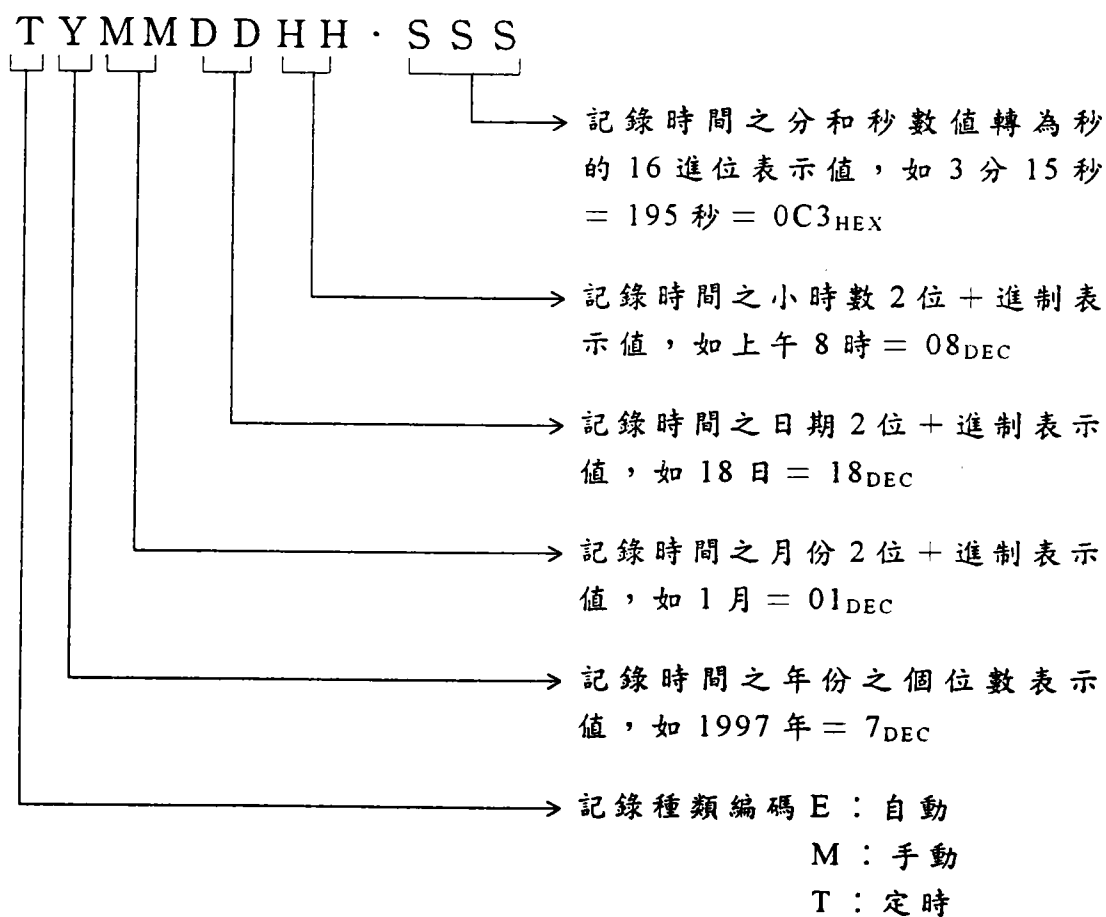
設定檔之格式如下所示：

1 , 0.05 , 0.03	<.....	第 1 頻道，起動電壓 0.05V(5gal) 停止電壓 0.03V(3gal)
2 , 0.05 , 0.03	<.....	第 2 頻道，起動電壓 0.05V(5gal) 停止電壓 0.03V(3gal)
3 , 0.05 , 0.03	<.....	第 3 頻道，起動電壓 0.05V(5gal) 停止電壓 0.03V(3gal)
1	<.....	1 : AND(3 個頻道均達設定值才起動) 2 : OR(3 個頻道中之一達設定值即起動) 0 : NOT(不起動自動記錄功能)

bitan.inp

2-4-3 動態自動記錄系統之建立

記錄檔案有 3 類，自動記錄、手動記錄、定時記錄以檔名第一個字母作為區分，E 表自動記錄，M 為手動記錄，T 為定時記錄，檔名後之其餘字母用於表示日期、時間，其格式如下：



檔案之內容為各頻道之 A/D 變換值，依頻道順序排列，表示方式為 IEEE 標準之單精度實數值，因此每一點之長度為 4 bytes，物理意義為電壓伏特值(Volt)，因此若要轉為物理量尚要透過一電壓對應之轉換式完成。

二進位檔案可透過一格式轉換程式 SUA0.EXE 轉為其它格式，可作之選擇有 ASCII 檔或 SUDs，其中 ASCII 檔案可直接用文字編輯程式查看內容，其編排方式如下例：

Periodic Record on CH7 to CH16	→ 記錄條件與記錄頻道
Recording date = 1996/12/27	→ 記錄起動日期
Recording time = 10:0:0	→ 記錄起動時間
Total channel = 10	→ 記錄總頻道數
Recording delay = 0	→ 記錄前置時間
Sampling rate = 10	→ 取樣頻率(Hz)
Sampling number = 12010	→ 取樣點數
0.23500.7584	→ 7 到 16CH 之第 1 點電壓值
.....	
0.23250.7602	→ 7 到 16CH 之第 12010 點電壓值

執行轉換程式如下：

1. 於 DOS 之命令列下執行

SUAO.EXE T6122710.000

↑
欲轉換之資料檔案名稱

2. 進入程式後有 3 個選項

[1] ASCII 格式

[2] SUDs 格式

[3] End

可依需要選擇不同格式之輸出檔案。

3. 上述選項選擇後可看到計數畫面，為轉換完畢程式自動結束，同時在原目錄下會多一個檔案，若轉換格式為 ASCII 則輸出檔案之附檔名為 .ASC，若轉換格式為 SUDs 則輸出檔案之附檔名為 .SUD。

第三章 堤面波壓與波高觀測及分析

風吹水面形成風浪，引起水粒子運動而產生動態水壓力，此即為波壓力，因波浪作用而引起之波壓力為海岸或海洋結構物在海中所受到的最大外力，亦為破壞的主因，因此一般海堤或防波堤的建造，在設計之初即需有正確的波壓估算做為設計之依據，故在工程應用上波壓或波力之研究對海岸工程而言，具有極重要的意義。尤其防波堤壁面所產生之波壓力因常做為結構物承受波力的設計參考尤為重要。

往昔至今，對於海洋駐波波動及波壓特性之研究遠少於前進重力波。探究其原因，乃由於重力駐波解析之繁雜程度遠高於前進重力波及實驗觀測不易之故。在為數不多的駐波研究文獻中可以很清楚得知，其理論解析方法主要以攝動展開法來處理而至今已推展到五階非線性解，如 Penny & Price(1952)、Goda & Kakizaki(1966)、Goda(1967)、Cokelet(1977)、Renecker & Fenton(1981)、Chen(1983)、Lin(1988)、Chen & Chiu(1989)等。另一為數值解析，由於近年來電腦之快速發展，已可將重力駐波做較高階次的計算如 Schwartz & Whitney(1973、1981)、Okamura(1986)等，雖然以上專家學者已將重力駐波的解析推展到高階非線性的計算，但由於駐波波動本身具有時空同時變化的複雜性，因而這些理論或數值計算皆大多停留在深水情況而很少進一步拓展到任意水深。因此可知雖然經由很複雜的計算方式尚無法很完整的描述重力駐波的波動特性。更遑論直接簡單運用在工程計算。基於此觀點，本文擬拋開繁雜而受限於基本假設的理論計算而直接以物理模型實驗的方式來探討駐波波動與波壓間的轉換函數，並以因次分析的方法找出轉換函數(Transfer function)與重力駐波的基本影響參數間的簡易關係，希望藉由轉換函數的建立而提供工程設計上應用的簡便性與精確性。

3-1 理論架構建立

1. 實驗說明

(1) 實驗佈置

本次駐波波壓實驗，利用港灣技術研究所之斷面水槽，全長 100 公尺、寬 1.5 公尺、深 2 公尺，首端設置不規則與規則兩用之造波機，末端為消波裝置，直立壁面設置六個應力—應變式壓力計，一支容量式波計。

(2) 實驗條件

(a) 規則波實驗

水深採用 70 公分、60 公分、50 公分、40 公分和 30 公分，其 Z/D 、 H/L 、 D/L 的條件如表 3-1 及表 3-2 由實驗中可發現作用於直立壁面上的壓力在某種波浪條件下，直立壁上之波壓力會出現水位變化為最大值（即波峰）時波壓不為最大值而在其前後某時間出現最大值的現象，稱為波壓雙峰現象，而在一般波浪條件下波壓的變化亦隨水位變化而改變，即波高最大值時波壓亦出現最大值，此即波壓單峰現象，由於波壓出現雙峰係屬較高之非線性效應，因此本文所用之規則波波壓數據將摒除波壓形成雙峰的實驗數據僅使用單峰之波壓數據來得到波高($\bar{H}$)與波壓間之轉換關係，並與進行波之波壓與波高間之經驗轉換函數做比較，同時再利用不規則波實驗來探討轉換函數之適用性，並與線性理論做比較分析。具單峰波壓資料共計 338 組如表 3-1 所示。具雙峰波壓資料共 113 組如表 3-2 所示。

(b) 不規則波實驗

水深採用 20 公分到 70 公分，10 公分為一間隔，每一水深都做 JONSWAP、Pierson-Moskowitz、Bretschneider 等三種不同波譜型態，而且每一種波譜型態做不同波浪條件共 22 次實驗，總計共從事 396 次實驗，其波浪條件如表 3-3 示，由表中可，佑其主譜率分佈在 0.39 ~ 1.47Hz，波浪尖銳度於 0.01 ~ 0.14 之間，相對水深在 0.02 ~ 0.84 之間。

(3) 實驗數據之處理與分析

(a) 規則波

與進行波實驗之處理分析大致相同，惟須注意受二次反射波的影響。當波浪之線性甚大時波壓會有雙峰的形狀出現，因此本文後述將以波壓具單峰的實驗數據為分析資料。本文定義 TF_s (Transfer function for standing wave) 為駐波波高與波壓間的轉換函數。

$$TF_s = \frac{\bar{P}}{H} \quad (3-1)$$

(b) 不規則波

實驗數據取樣頻率為 30Hz，為避免反射作用影響入射波，因此取樣時間僅為 70 秒。資料分析每一樣本採 1024 個數據點，對每個樣本做 FFT 轉換計算波壓之能量頻譜與交叉頻譜，每個頻譜取 2 個樣本之平均值同時取 7 條頻譜線之移動平均。而波高與波壓間轉換函數的定義與進行波相似，定義如下式

$$TF_s = \frac{|G_{\eta P}|}{G_{\eta\eta}} \quad (3-2)$$

2. 堤面波壓與波高間之轉換函數

影響駐波波壓力之參數，以函數表示如下：

$$F(P、H、\omega、L、Z、D、\rho、g)=0 \quad (3-3)$$

$$TF_s = \frac{\bar{P}}{H} = \left(\frac{\omega^2 H}{g}, \frac{\omega^2 D}{g}, \frac{\omega^2 Z}{g} \right) \quad (3-4)$$

即 TF_s 為 $\frac{\omega^2 H}{g}$ 、 $\frac{\omega^2 D}{g}$ 、 $\frac{\omega^2 Z}{g}$ 三個無因次參數之函數。

由 $\omega^2 H/g$ 的物理含義 H/L 去考量時，圖 3-1 中 P_1 、 P_3 與 H/L 之關係，當 H/L 不大於 0.12 時 P_3/P_1 值大於 0.92，所以 TF_s 值受尖銳度之影響不大，即 $\omega^2 H/g$ 對 TF_s 之影響可予忽略。此亦可由圖 3-2 中 TF_s 與 $\omega^2 H/g$ 的關係相當散亂得到同樣的結論。

圖 3-3 為 TF_s 與 $\omega^2 D/g$ 關係，對同一個 $\omega^2 D/g$ 值而言， TF_s 值之散亂度甚大，因此其間關係並不明顯。圖 3-4 為 TF_s 值對頻率(f)之關係，選取水深 30 公分、40 公分、50 公分、60 公分和 70 公分，各對其同一 Z 值的資料做比較（ Z 值為 10 公分、20 公分和 50 公分），圖中明顯可見 TF_s 值隨頻率 f 值減少而明顯的增加，而且不同水深的三個 Z 值，有明顯的三組區分，由此可見 TF_s 值受 f 與 Z 值的影響相當顯著，因此，吾人認為於駐波情況下， TF_s 與 $\omega^2 D/g$ 略帶相關的原因，仍是受 ω 之影響而與水深無關。由上所述，忽略 $\omega^2 H/g$ 與 $\omega^2 D/g$ 對 TF_s 之影響而單獨探討 TF_s 與 $\omega^2 Z/g$ 的關係，由圖 3-5 可見駐波 TF_s 與 $\omega^2 Z/g$ 的相關性與進行波 TF 與 $\omega^2 Z/g$ 的相關性同樣有很好的分佈關係。吾人利用進行波 TF 值的驗公式如下式

$$TF = \frac{P}{PgH} = \text{Exp} \left[-0.905 \frac{\omega^2 Z}{g} - 0.027 \right] \quad (3-5)$$

繪於此重複波之 TF_s 與 $\omega^2 Z / g$ 的圖中，計算出駐波實驗波壓值與 TF 的經驗公式之平均偏差為 0.0391 而實驗值與理論波壓一階量、三階、五階量的平均偏差分別為 0.09637、0.0834、0.0827。圖 3-6 至圖 3-7 表示不同水深同一 Z 值，其 P_3 / P_m 與 H/L 、 P_e / P_m 和 H/L 的比較圖，圖中可見 TF 經驗公式波壓值 (P_e) 較三階非線性理論接近實驗波壓值。

由上述的結果，可說明進行波 TF 值的經驗公式較駐波的線性理論，高階非線性理論轉換式更有效的掌握波壓變化特性，而可以用來做為駐波波壓的預測。

3. 經驗轉換函數應用單一方向不規則駐波

(1) 頻譜分析法驗證轉換函數

a. 與線性理論之比較

將不規則波之駐波實驗數據，亦經由頻譜分析，將結果繪製 Tf_s 與 $\omega^2 Z / g$ 之關係圖，如圖 3-8 所示。實驗主頻率分布於 0.527Hz ~ 1.436Hz 之間，圖 3-8(a)、圖 3-8(b) 及圖 3-8(c) 分別代表 JONSWAP Pierson-Moskowitz 及 Bretschneider 波譜之實驗結果。由圖 3-8(a) 中可發現相關函數接近於 1，即主頻附近約佔總頻譜能量 85% 之區間內，實驗曲線比線性理論高的現象。對於其餘水深之不同波譜而言，均亦可得到類似的結果。

b. 與經驗式之比較

為明瞭不規則之各頻譜成份波是否可視為單一周期之規則波，所以亦將駐波之不規則波實驗曲線與規則波經驗式做比較，如圖 3-8(a) 所示，其結果顯示，駐波時亦可發現在主

頻率附近佔總頻譜能量約 85%，且相關函數接近於 1 之區間，實驗曲線與規則波之驗式曲線相當接近，圖 3-8(a)、(b)、(c) 其餘不同波譜，不同水深之比較圖，其結果亦相類似。

由上所述，不規則波仍可視為單一周期之規則波，其與規則波之經驗曲線的契合度較線性理論式為佳。

(2) 示性波法驗證轉換函數

以不規則駐波實驗結果利用示性波法來驗證其壓力轉換函數與無因次參數 $\frac{\omega^2 Z}{g}$ 之關係。示性波壓與示性波高以及二者間之轉換函數定義與進行波之轉換函數定義相同，駐波轉換函數與 $\frac{\omega^2 Z}{g}$ 間之關係，如圖 3-9 所示。圖中“*”為 JONSWAP 波譜集合各水深各位置之數據而成的資料點。“0”則表示 Pierson-Moskowitz 波譜之資料，“+”為 Bretschneider 波譜之資料。由圖可知各種波譜型態之實驗結果，亦如進行波相同，其有較經驗式稍大之趨勢出現，但仍然與經驗式相當吻合，而 JONSWAP 波譜之實驗結果與經驗式之偏差量為 1.27%，Pierson-Moskowitz 為 8.54%，Bretschneider 為 9.06%。

3-2 經驗式之建立

經由實驗室之驗證，可得到駐波波高與波壓關係可以下式表示：

$$\frac{P}{\rho g H} = f\left(\frac{\omega^2 Z}{g}\right) \quad (3-6)$$

因此將以現場量測結果，來確立直立壁面上之波高與波壓間之

關係，做為以後推算壁面上受力之參考。

(1)現場觀測

(a)波高觀測

波高計採用 Woods-Hole 公司出品之 sp2200 型壓力式波高儀，本儀器包含量測波高與潮位。屬於自記式亦可以 RS232 從儀器內自行輸出儲存資料。其按裝尺寸與位置如圖 3-10 及圖 3-11 所示。

波高記錄之取樣頻率受限於儀器僅有 4 種選擇，本試驗採用 4Hz 採樣頻率，每 2 小時取 4096 個記錄點共取 1024 秒的連續記錄點。波高讀取之操作方式如附錄一。

(b)波壓觀測

波壓計按裝於 SB19 沉箱海側板上如圖 3-11 所示，定時量測時間為每一小時量測 20 分鐘，採樣頻率為 10Hz，此係配合地震量測時之 100Hz 便於程式控制，因此 20 分鐘共取得 12000 個資料點。

(2)資料處理

(a)潮位消除

在一般現場波浪資料的波高波壓統計值的計算中，對於 20 分鐘的取樣時間而言，若潮差不大，平均水位的變動甚微，可以用時序列資料的算數平均值當作平均水位，將水位資料扣除平均水位後即可得量測時序列再以零上切分法求得各統計特性。但是潮差較大之海域每 20 分鐘的潮位變化不容忽視。由於各量測物理量皆呈一定的走勢，因此

平均法不是很好的處理方式，故本文考慮潮汐線性變化，利用最小二乘法求取各物理量的平均變化中線，將其視為平均線來消除因潮汐變化而引起的單調漸增或漸減的現象。

假設有 N 點資料，其平均線之截距 b_0 及斜率 b_1 表示為

$$\hat{u}(t) = b_0 + b_1 t \quad (3-7)$$

式中

$$b_0 = \frac{2(2N+1) \sum_{n=1}^N u_n - 6 \sum_{n=1}^N m_n}{N(N-1)} \quad (3-8)$$

$$b_1 = \frac{12 \sum_{n=1}^N n u_n - 6(N-1) \sum_{n=1}^N u_n}{\Delta t N(N-1)(N+1)} \quad (3-9)$$

Δt 為時間

u_n 表第 n 點的物理量

$\hat{u}(t)$ 表修正後之物理量

圖 3-12 表示各物理量之時序列記錄，由各圖可發現潮汐變化所產生的物理量呈漸增或漸減之現象。此記錄經消除潮汐變化所產生之線性誤差後，各記錄頻道之物理量的時序變化如圖 3-12 所示。由圖 3-12 各圖可明確的得到潮汐所引起的變化量已經被消除。

(b) 依零上切法計算統計值

在波高與波壓之時序列訊號取其統計結果時係以經潮位消除後之記錄點採零上切法來分割成個別波、分割時每一個波浪之週期小於 0.5 秒，即每個波不存在 3 個記錄點以上即不視為一個波。

(3) 經驗式之建立

採用水下 4 個壓力計所量測的波壓訊號，採用潮位消除來初步處理資料如圖 3-14 ~ 圖 3-17 所示。利用時序列資料採用零上切法取得各統計結果。

本文採用 11 月 10 日至 2 月 2 日配合波高量測之時間採用每 2 小時一筆資料來分析，依上節所得之波壓與波高之比值為波壓計離水面距離與週波率間存在之某一種函數關係。本文利用現場量測結果直接來找出其關係，做為預測堤面壓力之依據。由於量測期間係屬於東北季風期間海象較惡劣即波高較大週期較長，亦就是此期間所量測的波浪較趨近於颱風形態。各時段之統計結果如表 3-4 到 3-7 所示。由各表中可發現平均週期與波數之乘積與量測結果相符合表示在分割過程中沒有出現過多之小雜波，而影響其統計結果。

依近二個月之現場量測資料，繪制於圖 3-18 至圖 3-20。圖 3-18 表示示性波壓與示性波高之比值即轉換函數 TG 與 ω^{2z}/g (其中 $\omega = 2\pi f$ ， f 為頻率， z 波壓計離平均水位之距離， g 為重力加速度) 之關係，由圖中可明顯發現，其間存在明顯的相互相關。經由上節得知駐波波壓與波高間之轉換關係相同，因此即以進行波之轉換關係來與實測結果比較，發現觀測值與經驗公式相當符合即進行波之波壓與波高之轉換關係可引用於堤面波壓與水位變化之預測上。

同時本文亦針對波峰與波谷分別與波高之比值做為轉換關係亦得到與 $\frac{\omega^2 Z}{g}$ 之無因次參數間有良好之關係，如圖3-19到圖3-20所示，十分之一波高與波壓亦具相似之特性表示如圖3-21到圖3-23。

$$\frac{P_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = EXP \left[-0.905 \frac{w_{1/3}^2 Z}{g} - 0.027 \right] \quad (3-10)$$

$$\frac{(P_c)_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = EXP \left[-0.756 \frac{w_{1/3}^2 Z}{g} - 1.021 \right] \quad (3-11)$$

$$\frac{(P_t)_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = EXP \left[-0.644 \frac{w_{1/3}^2 Z}{g} - 1.087 \right] \quad (3-12)$$

十分之一波高波壓之轉換關係為

$$\frac{P_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = EXP \left[-1.267 \frac{w_{1/10}^2 Z}{g} - 0.062 \right] \quad (3-13)$$

$$\frac{(P_c)_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = EXP \left[-0.800 \frac{w_{1/10}^2 Z}{g} - 1.153 \right] \quad (3-14)$$

$$\frac{(P_t)_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = EXP \left[-0.663 \frac{w_{1/10}^2 Z}{g} - 1.222 \right] \quad (3-15)$$

3-3 蘇澳港堤面受力之推算

依據本計畫之子計畫“颱風波浪資料分析及預測模式之建立”中推測 50 年之設計波高為 11.5 公尺週期為 13 秒，再經由“港池振盪數值模式”計算波浪由深進入到防波堤前，其中考慮碎波及底床摩擦後得到 $H_i=11.5\text{m}$ ， $T_{1/3}=13\text{sec}$ 入射到堤面時為 $T_{1/3}=13\text{sec}$ ， $H_{1/3} \div 16.2$ 公尺。

利用預測及推估結果之條件，引用本研究所得之轉換關係，計算由 50 年設計波作用堤面時之波力分佈如圖 3-24 與圖 3-25 所示。由於經驗公式只限用於水下因此水上暫用 Goda 公式推算，上揚力亦然，期望使用更多的量測資料建立更明確而簡易公式使用。

表 3-1 駐波實驗波壓具單峰波浪條件表

資料 數目	D (cm)	Z / D	H / L	D / L
80	70	0.286、0.429、0.571、0.714、0.857	0.011~0.094	0.098~0.451
86	60	0.167、0.333、0.500、0.667、0.833	0.018~0.112	0.085~0.559
90	50	0.200、0.400、0.600、0.800	0.012~0.110	0.077~0.527
48	40	0.250、0.500、0.750	0.021~0.110	0.069~0.378
34	30	0.333、0.667	0.025~0.089	0.060~0.368

表 3-2 駐波實驗波壓具雙峰波浪條件表

資料 數目	D (cm)	Z / D	H / L	D / L
47	70	0.286、0.429、0.571、0.714、0.857、1.000	0.052~0.103	0.365~0.701
34	60	0.333、0.500、0.833、0.667、1.000、	0.058~0.096	0.217~0.632
20	50	0.400、0.600、0.800、1.000	0.059~0.093	0.281~0.502
12	40	0.250、0.500、0.750、1.000	0.079~0.107	0.273~0.405

表 3-3 造波機駐波實驗條件

水深 (cm)	頻譜 種類	$H_{1/3}$ (cm)	主頻 f_p (Hz)	波浪尖銳度 $H_{1/3}/L_p$	相對水深 D/L_p	實驗 次數
70	J	3.98~17.52	0.46~1.37	0.017~0.081	0.145~0.842	22
70	P	7.24~16.37	0.51~1.27	0.026~0.084	0.160~0.719	22
70	B	5.83~16.10	0.47~1.33	0.018~0.091	0.140~0.798	22
60	J	9.52~15.56	0.49~0.79	0.021~0.068	0.135~0.261	22
60	P	5.69~14.94	0.43~1.32	0.014~0.092	0.116~0.666	22
60	B	4.57~14.48	0.48~1.32	0.014~0.085	0.131~0.666	22
50	J	5.02~13.16	0.42~1.47	0.014~0.089	0.094~0.693	22
50	P	3.54~13.16	0.45~1.35	0.015~0.101	0.110~0.586	22
50	B	4.89~12.78	0.49~1.35	0.017~0.076	0.119~0.586	22
40	J	4.14~11.84	0.45~1.37	0.012~0.079	0.097~0.483	22
40	P	9.43~11.22	0.68~1.04	0.038~0.069	0.158~0.293	22
40	B	4.34~11.76	0.55~1.06	0.015~0.069	0.102~0.288	22
30	J	3.84~10.26	0.39~1.45	0.012~0.140	0.104~0.408	22
30	P	4.06~9.29	0.42~1.28	0.010~0.071	0.077~0.623	22
30	B	4.34~9.43	0.55~1.06	0.015~0.069	0.020~0.240	22
20	J	2.27~7.68	0.60~1.11	0.015~0.073	0.089~0.148	22
20	P	3.48~6.99	0.57~1.12	0.015~0.071	0.085~0.193	22
20	B	3.40~7.17	0.63~1.09	0.017~0.066	0.095~0.185	22

* J : JONSWAP

P : Piersoh-Moskowitz

B : Bretschneider

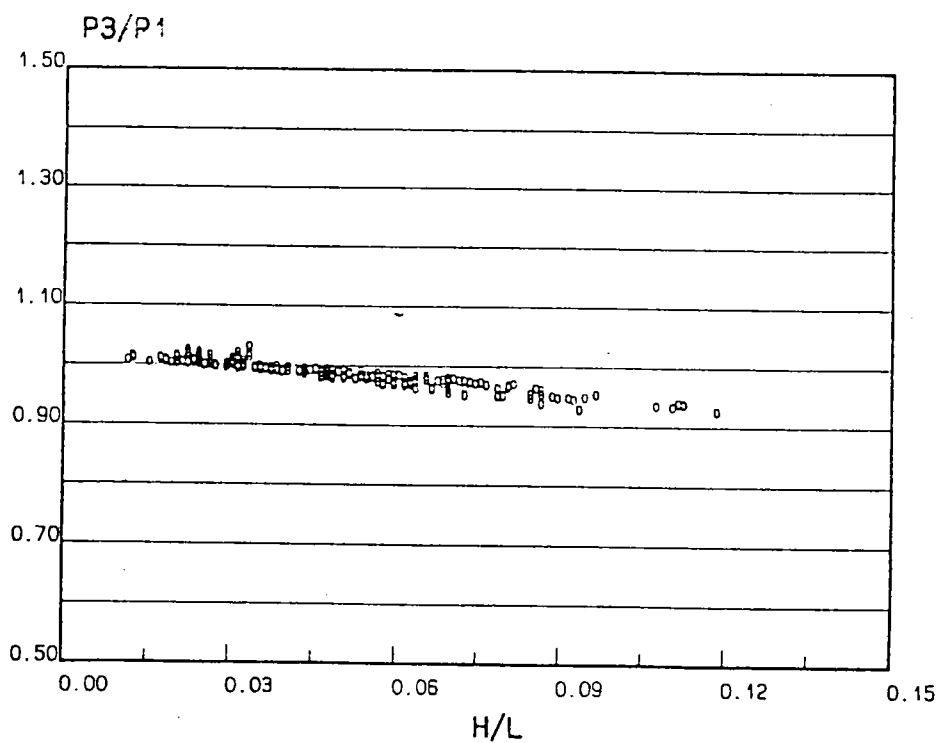


圖 3-1 駐波波壓 1 階理論與 3 階理論值 P_3 比值和 H/L 之關係圖

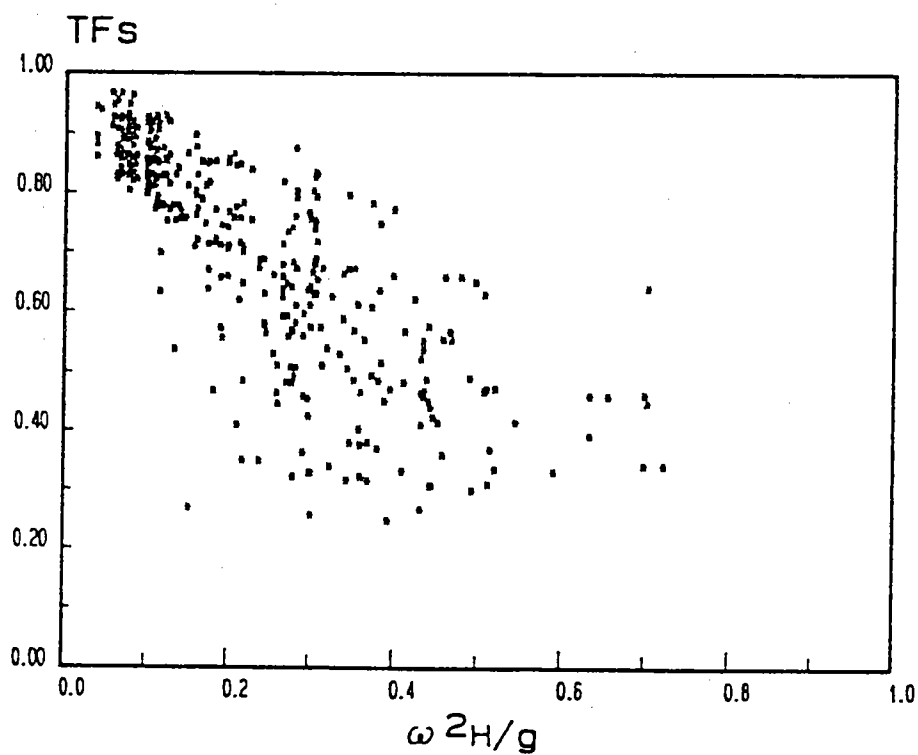


圖 3-2 TF_s 值與無因次參數 $\omega^2 H/g$ 之分佈關係圖

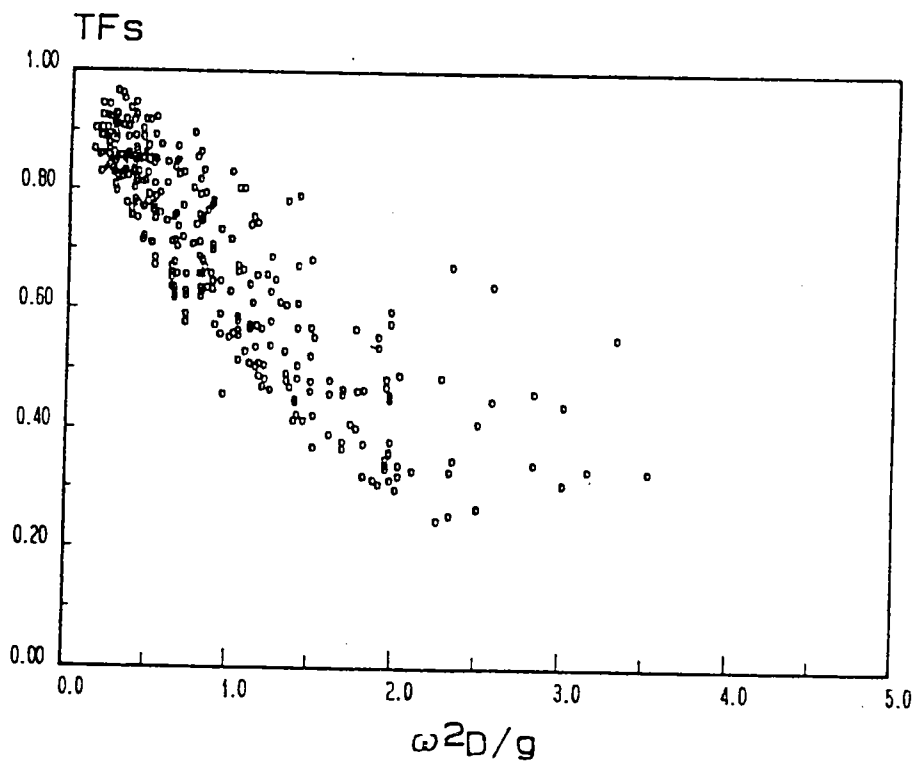


圖 3-3 TF_s 值與無因次參數 $\omega^2 D/g$ 之分佈關係圖

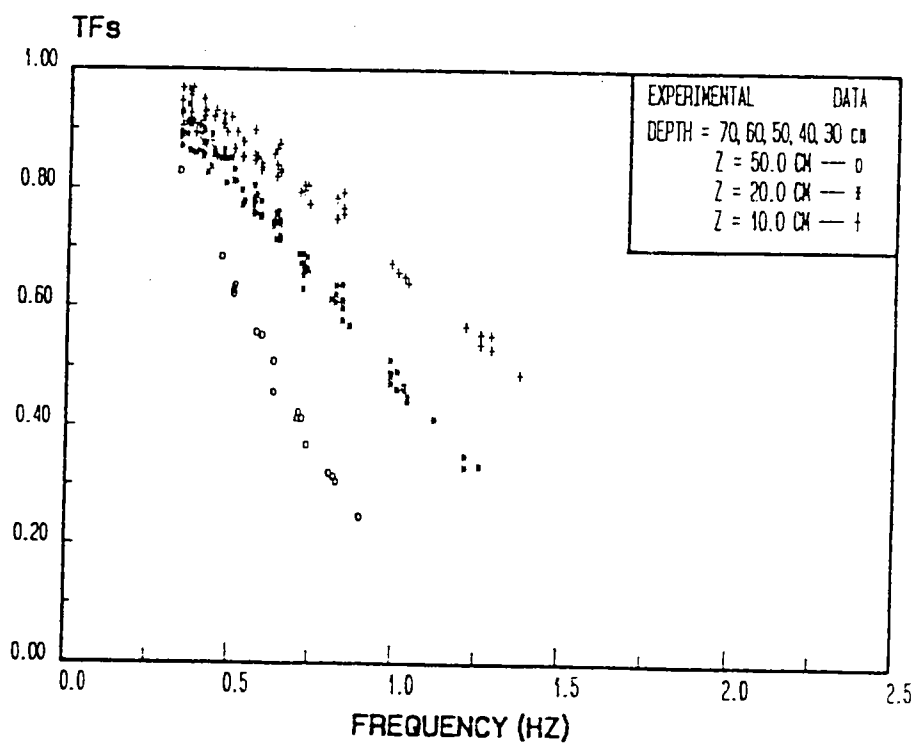


圖 3-4 TF_s 值與頻率之分佈關係圖

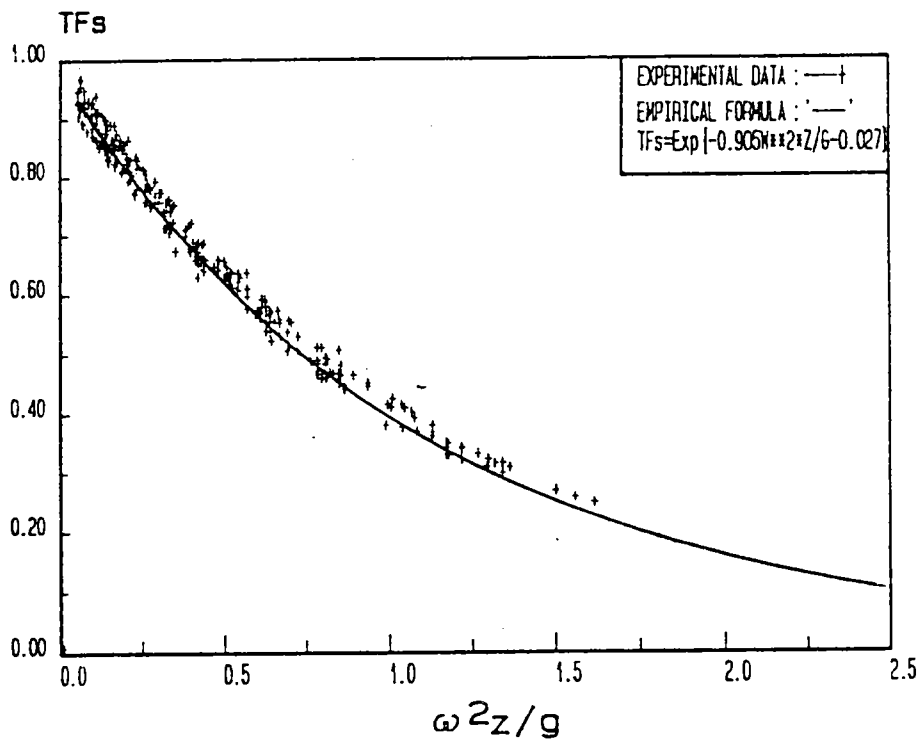


圖 3-5 TF_s 值與經驗公式比較圖

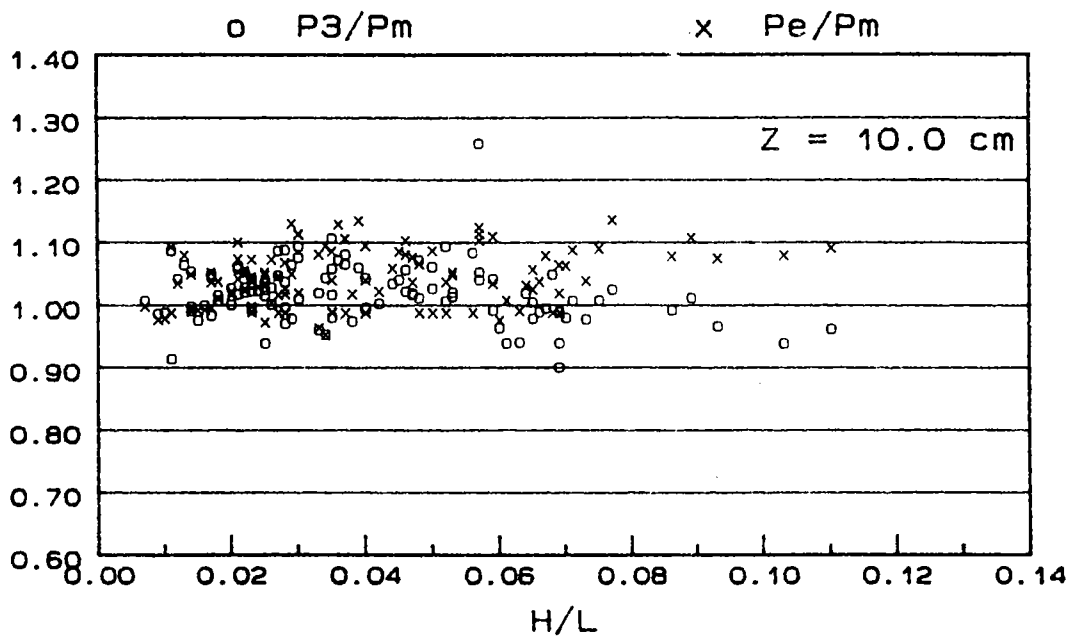
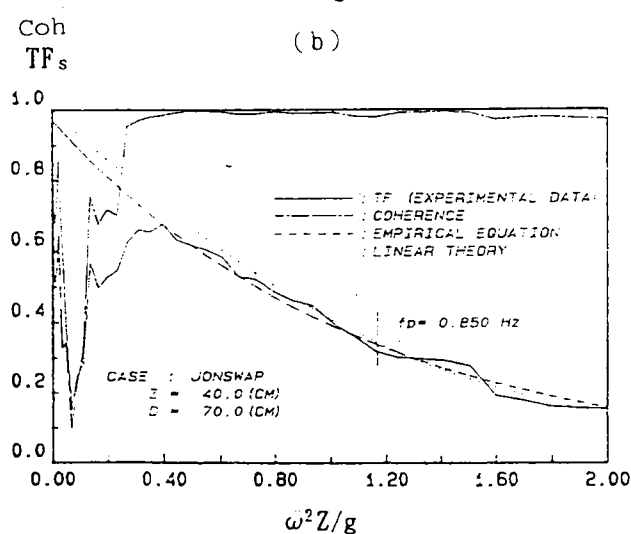
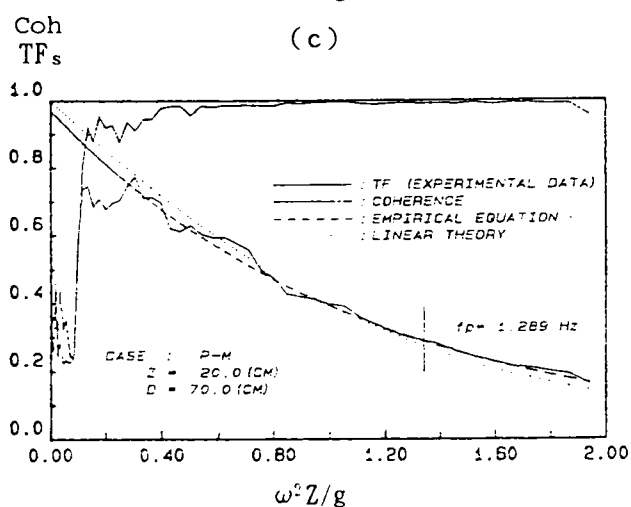
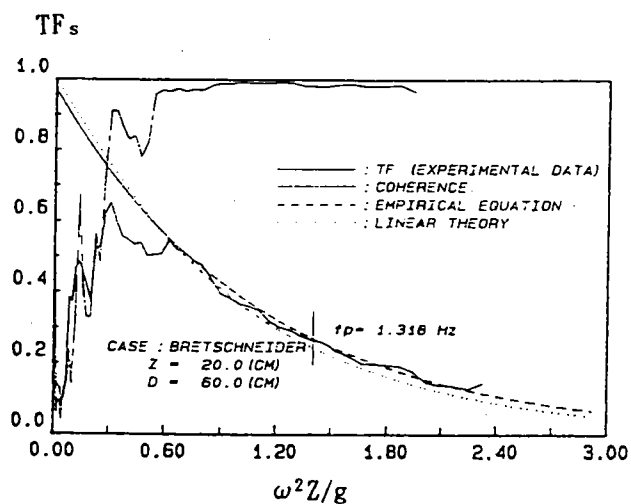


圖 3-6 駐波波壓實驗值 P_m 與經驗值 P_e 、3 階值 P_3 之比值和 H/L 之關係圖



(a)

圖 3-8 水深70cm駐波實驗曲線與經驗式及線性理論之TF值之比較圖

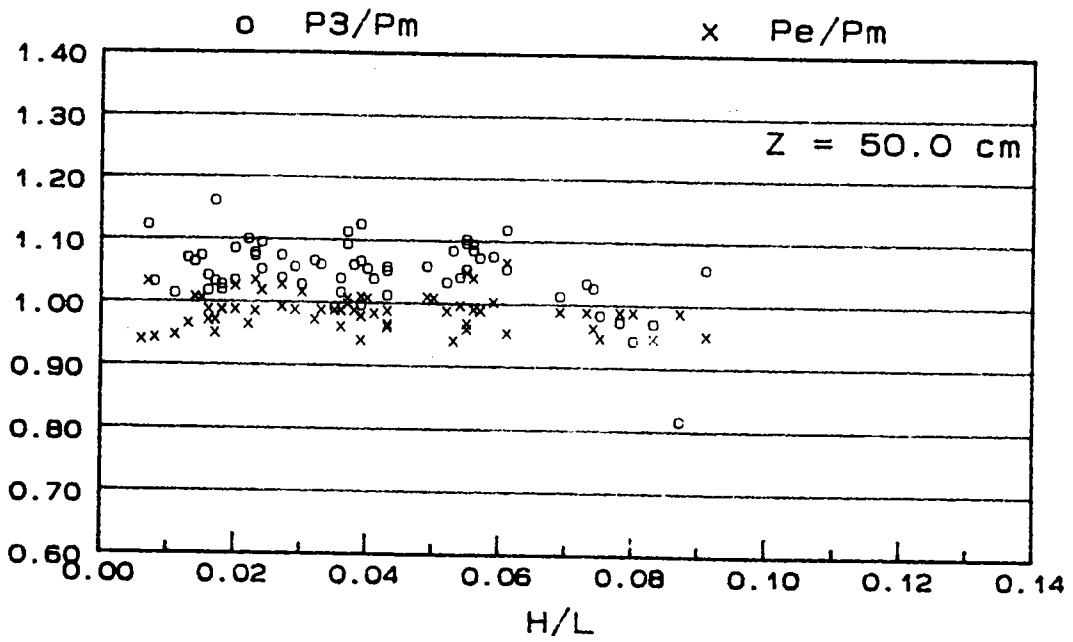


圖 3-7 駐波波壓實驗值 P_m 與經驗值 P_e 、3 階值 P_3 之比值和 H/L 之關係圖

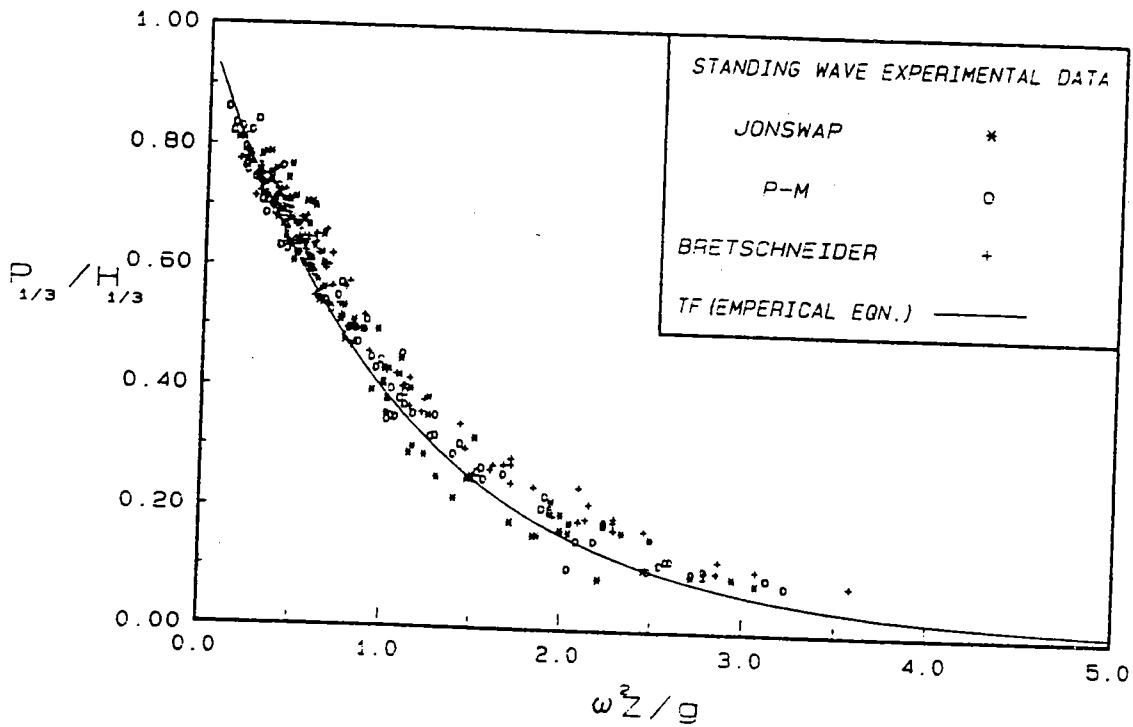


圖 3-9 駐波以示性波法表示之實驗結果與規則波經驗公式之比較圖

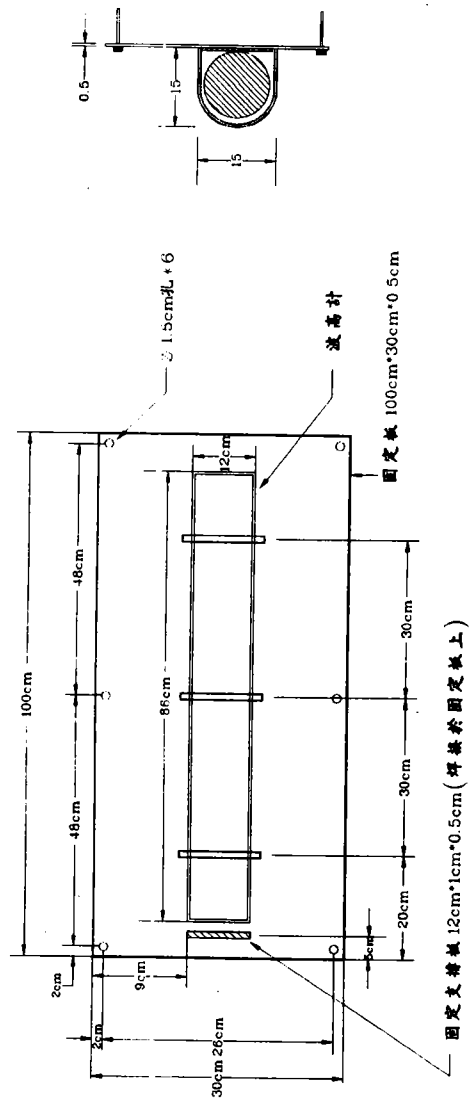
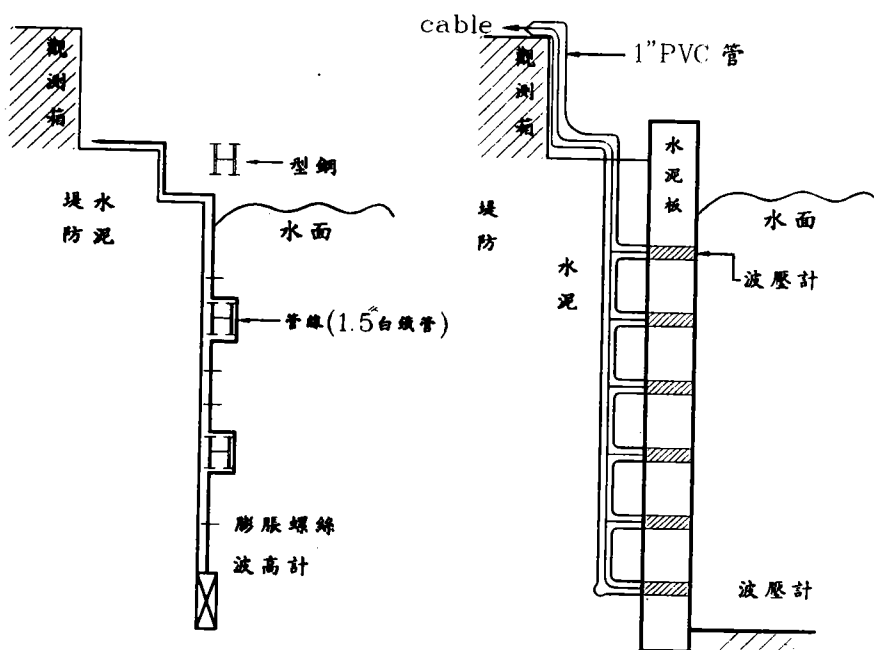


圖 3-10 固定板上波高計尺寸圖

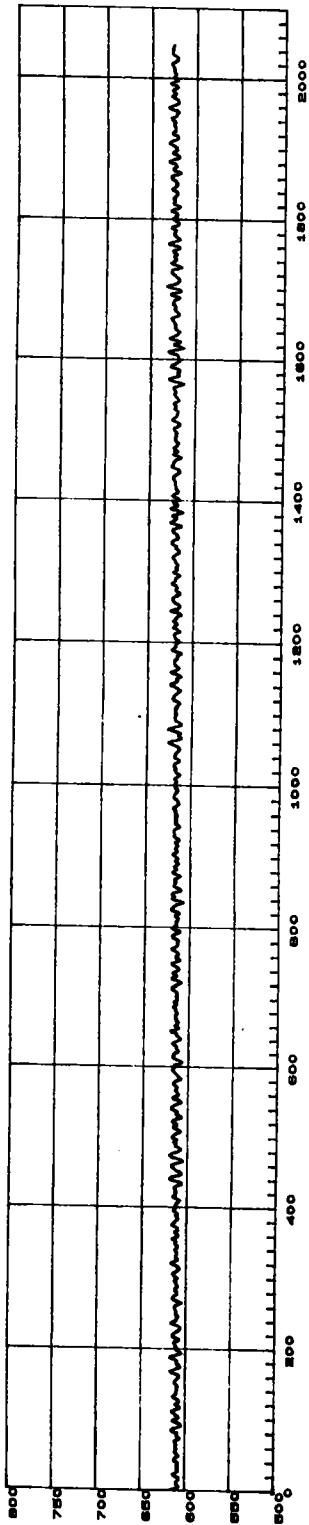


波高計安裝示意圖

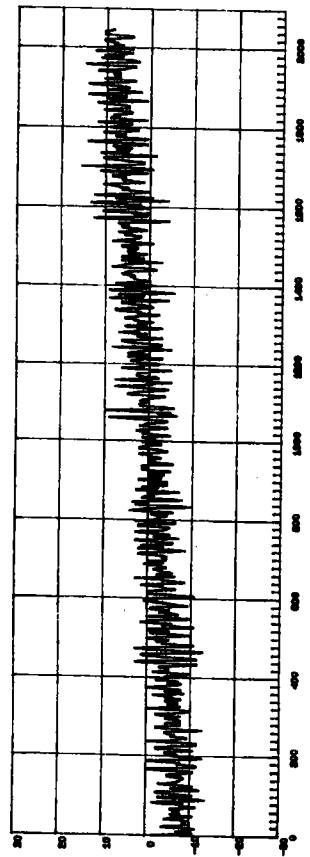
波壓計安裝示意圖

圖 3-11 波高計波壓計安裝示意圖

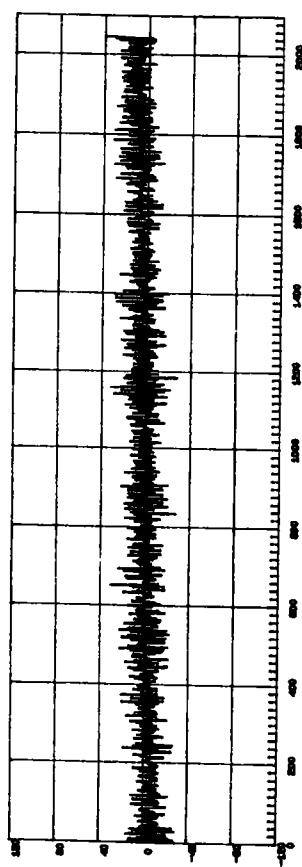
PRESSURE SIGNALS



PRESSURE SIGNALS (average) DEPTH= 617.33 Z= 117.33



WAVE PROFILE (average) CASE : 09150752

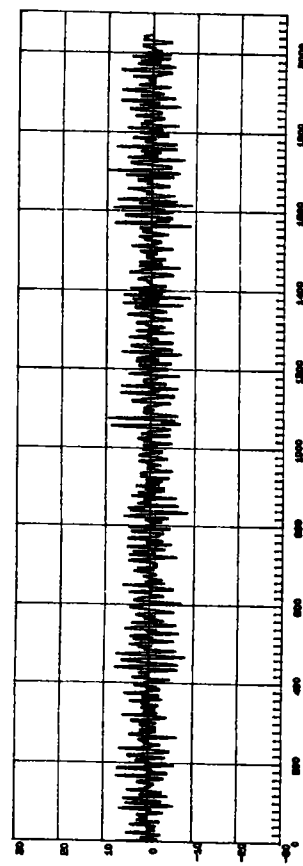


H (AVE) = 23.63 cm
H (1/3) = 34.61 cm
H (1/10) = 42.39 cm
H (MAX) = 48.61 cm

T (AVE) = 3.93 sec
T (1/3) = 4.02 sec
T (1/10) = 3.42 sec
T (MAX) = 3.03 sec

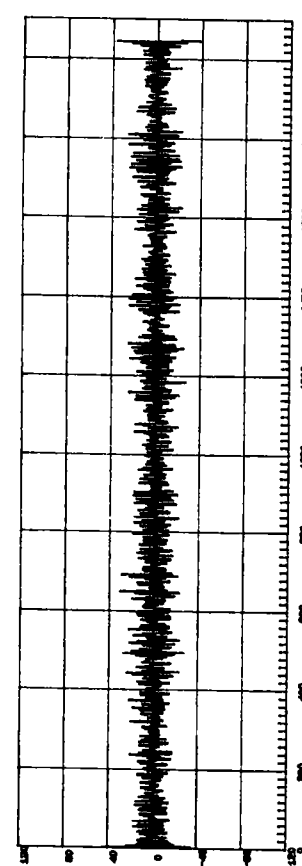
PRESSURE SIGNALS (trend)

DEPTH= 617.32 Z= 117.32



WAVE PROFILE (trend)

CASE : 09150752

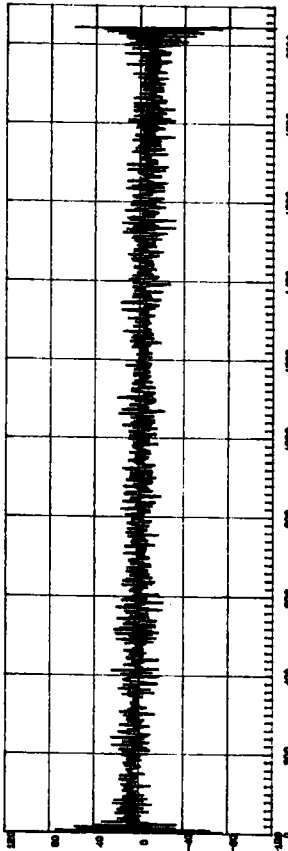
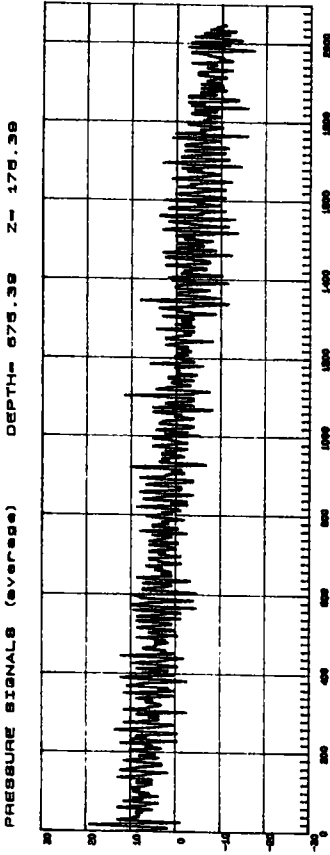
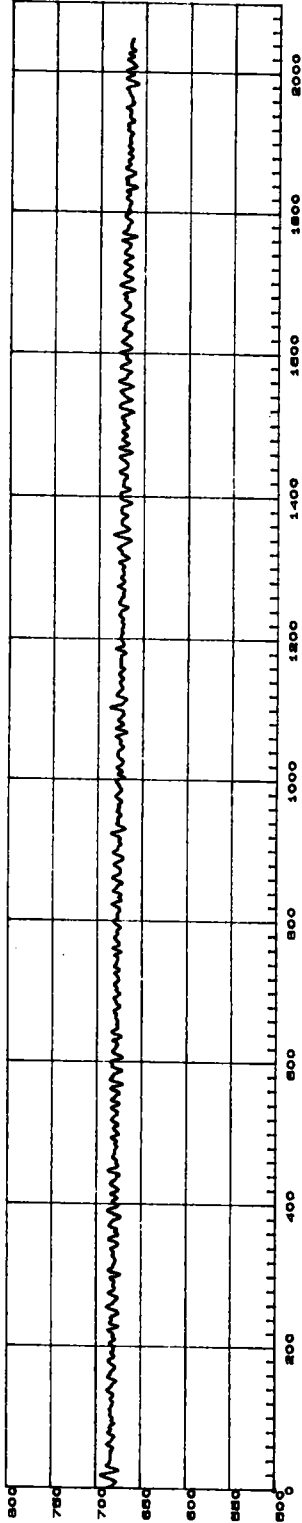


H (AVE) = 23.15 cm
H (1/3) = 34.74 cm
H (1/10) = 43.90 cm
H (MAX) = 54.67 cm

T (AVE) = 3.50 sec
T (1/3) = 3.72 sec
T (1/10) = 3.42 sec
T (MAX) = 2.77 sec

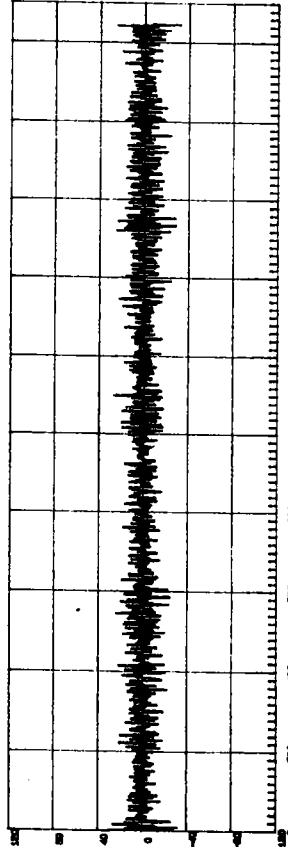
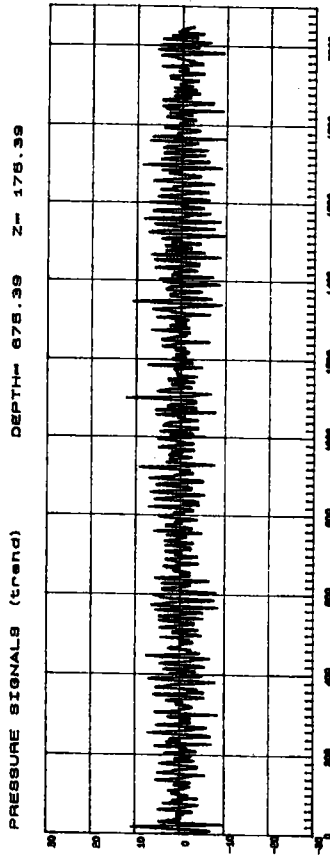
圖 3-12 波壓波高時序列記錄圖

PRESSURE SIGNALS



H (AVE) = 23.63 cm
H (1/3) = 38.89 cm
H (1/10) = 63.53 cm
H (MAX) = 137.76 cm

T (AVE) = 4.45 sec
T (1/3) = 5.35 sec
T (1/10) = 5.10 sec
T (MAX) = 2.52 sec



H (AVE) = 20.12 cm
H (1/3) = 30.54 cm
H (1/10) = 39.24 cm
H (MAX) = 51.83 cm

T (AVE) = 3.94 sec
T (1/3) = 4.75 sec
T (1/10) = 5.09 sec
T (MAX) = 6.95 sec

圖 3-13 波壓波高時序列記錄圖

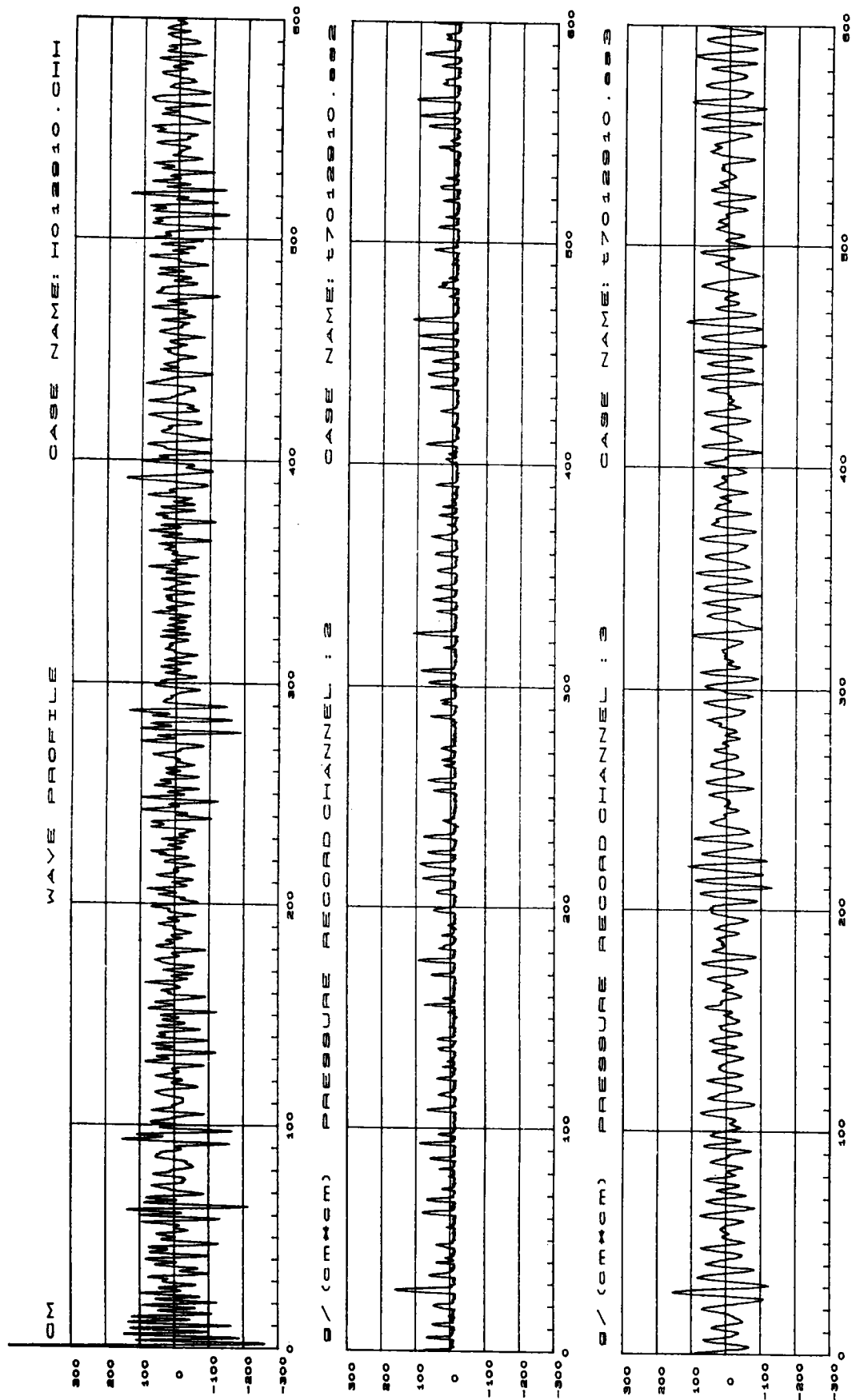


圖 3-14 堤面波高壓時序列記錄圖

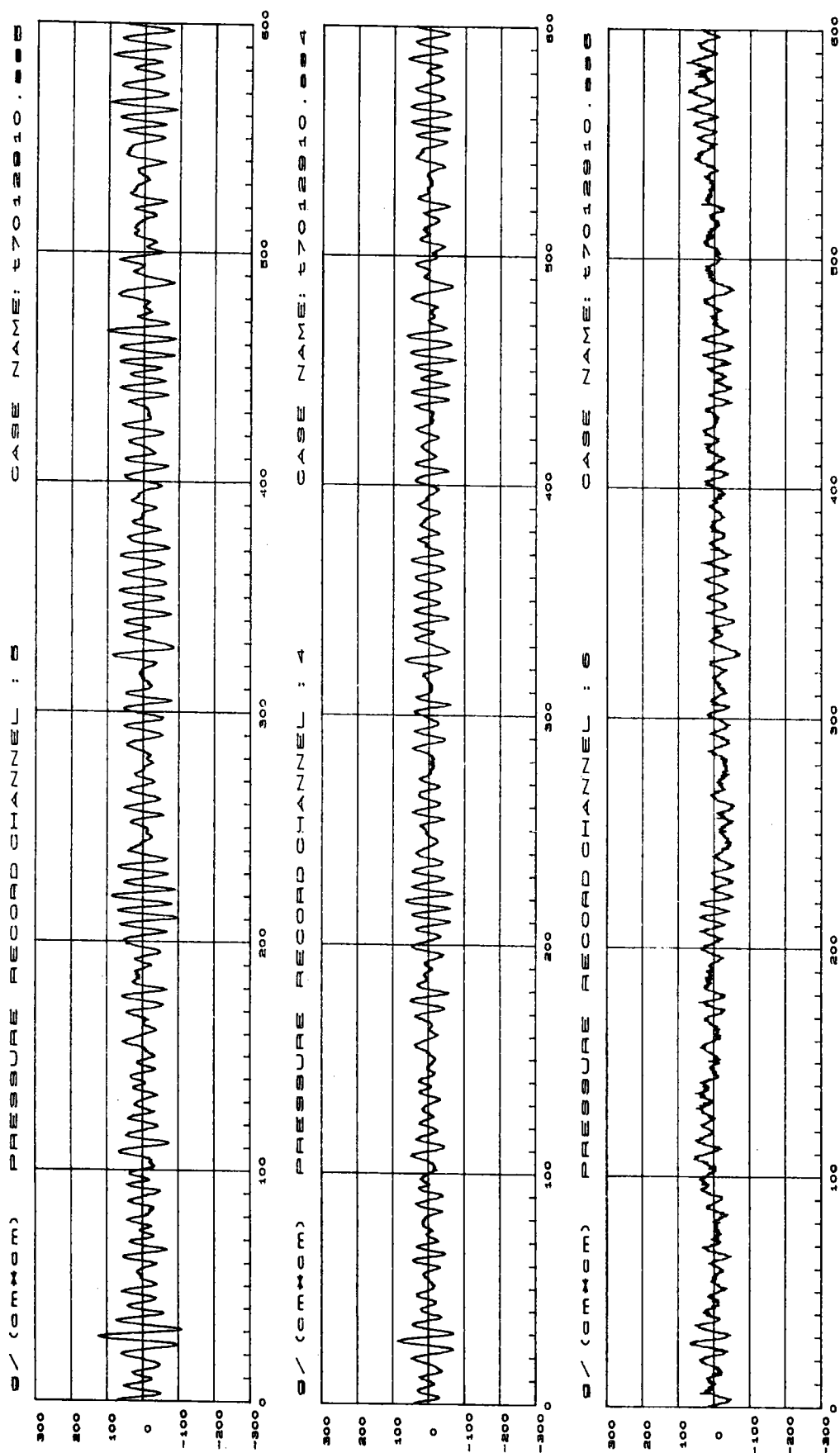


圖 3-15 堤面波高波壓時序記錄圖

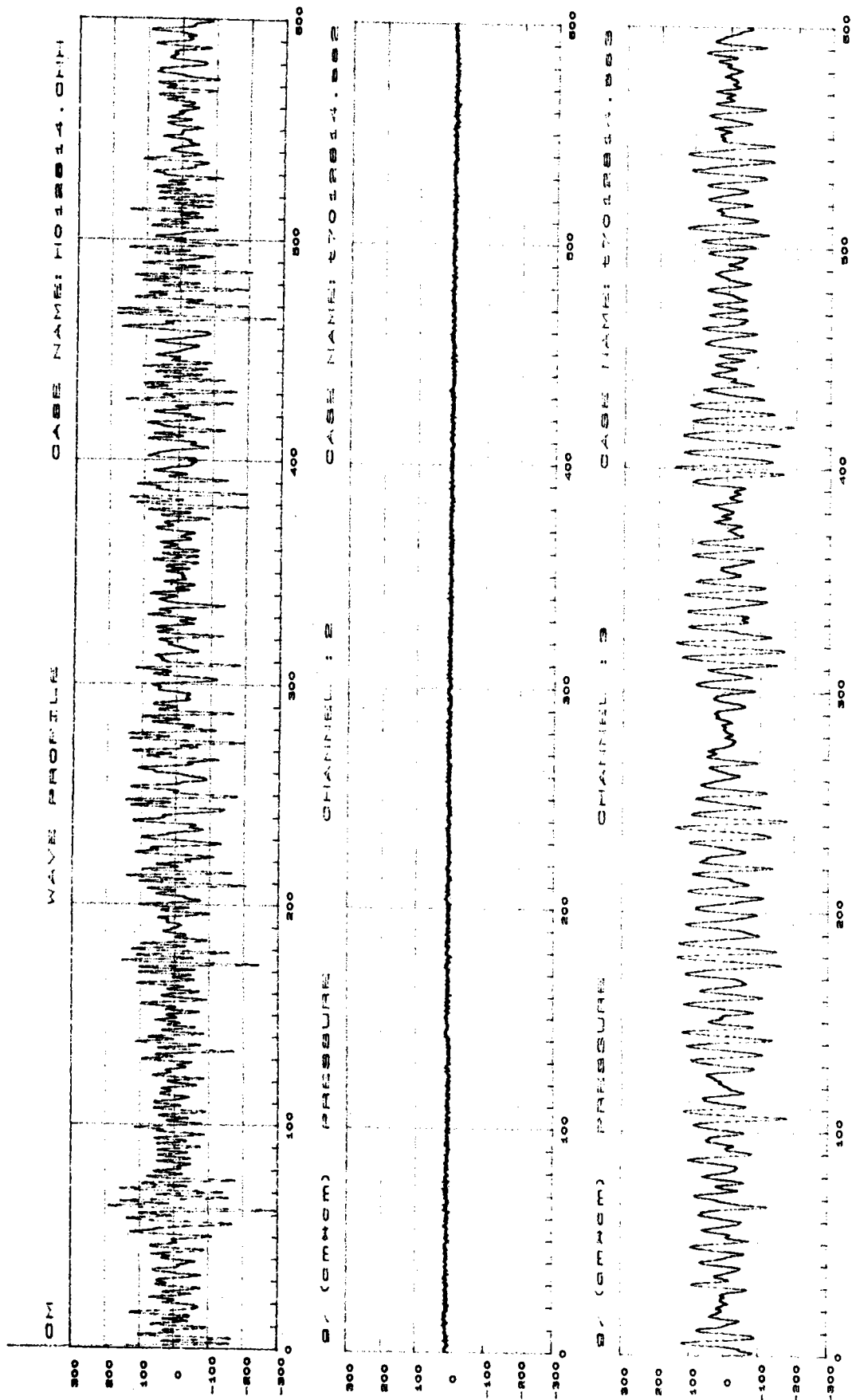


圖 3-16 堤面波高波壓時序列記錄圖

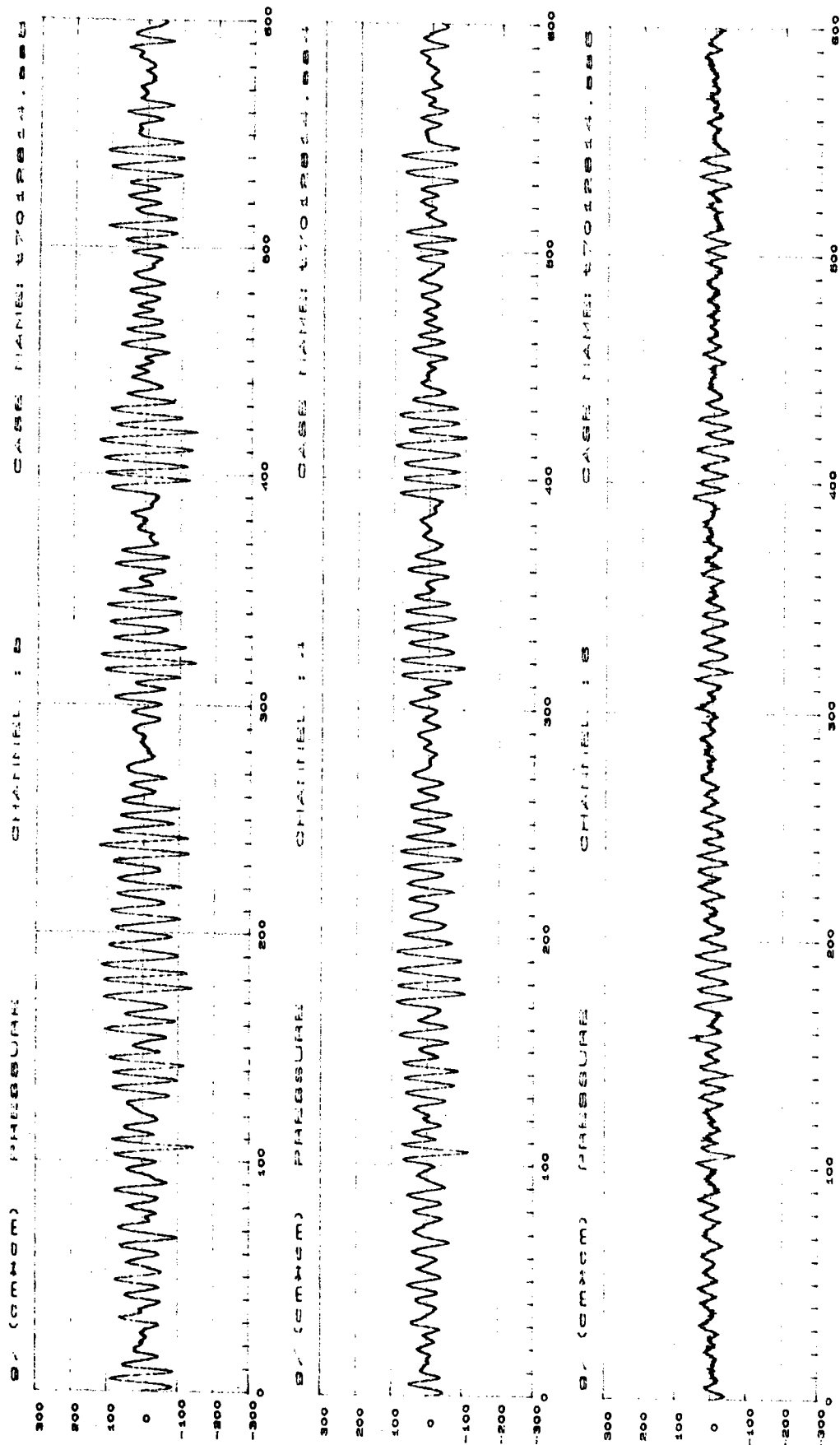


圖 3-17 堤面波高波壓時序列記錄圖

表 3-4 波高統計表

Mt	DY	Hr	H(a)	T(a)	H31	T31	H10	T10	H(m)	T(m)	B01	EL.	NO.
1	28	1	123.4	3.7	213.5	5.8	295.3	6.6	378.1	6.4	369.8	60.8	185
1	28	2	164.1	4.2	284.4	6.7	379.5	7.1	490.2	6.2	341.5	32.5	172
1	28	3	176.6	4.7	290.8	6.8	377.5	7.3	422.6	6.4	339.5	30.5	158
1	28	4	198.2	5.2	324.0	7.3	405.8	7.9	520.3	7.4	366.9	57.9	147
1	28	5	164.7	4.4	280.9	6.4	392.0	7.2	460.2	6.9	416.4	107.4	168
1	28	6	180.5	4.7	305.7	6.8	408.3	7.4	617.4	7.4	471.1	162.1	160
1	28	7	166.8	4.9	288.2	7.0	387.7	7.3	435.0	5.5	517.4	208.4	152
1	28	8	174.7	5.0	281.5	6.4	361.9	6.9	423.8	7.2	541.7	232.7	151
1	28	9	177.2	5.0	298.9	7.0	384.2	7.1	456.9	6.8	537.4	228.4	149
1	28	10	155.4	4.7	260.6	6.8	353.6	7.1	492.7	6.7	507.6	198.6	165
1	28	11	167.1	4.7	283.1	6.7	371.1	6.8	442.1	6.0	466.8	157.8	156
1	28	12	142.4	4.4	235.6	6.5	313.3	7.3	383.6	6.9	420.7	111.7	166
1	28	13	146.6	4.1	253.5	6.5	339.9	7.1	402.2	6.2	374.9	65.9	177
1	28	14	174.7	4.8	294.5	6.8	396.2	7.3	436.5	7.1	343.9	34.9	157
1	28	18	166.9	4.6	267.0	6.5	349.6	7.0	458.6	6.0	487.9	178.9	164
1	28	19	167.2	4.7	294.7	7.0	384.9	7.3	488.8	7.2	535.9	226.9	163
1	28	20	173.1	4.4	298.3	6.4	413.1	7.2	632.4	6.0	562.8	253.8	169
1	28	21	161.9	4.6	278.5	6.6	380.0	6.9	479.2	5.7	563.0	254.0	165
1	28	22	180.0	5.0	296.3	6.6	392.3	6.8	518.1	5.9	542.3	233.3	148
1	28	23	143.4	4.4	238.7	6.3	331.7	6.9	492.9	6.1	501.2	192.2	165
1	28	24	156.9	4.2	272.1	6.1	373.4	6.8	459.5	6.1	417.6	108.6	178

表 3-5 波高統計表

Mt	DY	Hr	H(a)	T(a)	H31	T31	H10	T10	H(m)	T(m)	B01	EL.	NO.
1	29	1	152.0	3.9	264.0	6.0	356.6	6.9	443.4	6.8	402.7	93.7	186
1	29	2	144.1	4.2	250.3	6.5	333.7	7.2	383.3	7.7	368.6	59.6	171
1	29	3	157.9	4.6	258.7	6.4	341.7	7.0	411.2	7.0	361.3	52.3	158
1	29	4	149.1	4.3	242.8	6.5	316.6	7.0	374.3	6.3	377.6	68.6	169
1	29	5	155.8	4.2	264.6	6.6	346.4	7.4	393.8	7.8	413.6	104.6	175
1	29	6	157.3	4.7	262.7	6.6	343.6	7.1	469.9	7.5	464.6	155.6	160
1	29	7	149.1	4.5	255.5	6.6	340.3	7.2	493.5	7.4	514.3	205.3	166
1	29	8	177.8	5.0	295.4	6.7	392.0	6.8	469.2	3.2	541.5	232.5	154
1	29	9	171.2	4.7	297.3	7.0	409.2	7.5	692.3	5.9	542.7	233.7	167
1	29	10	159.8	4.6	263.5	6.7	351.0	7.1	484.0	6.3	514.7	205.7	163
1	29	11	154.7	4.3	269.8	6.3	383.3	7.1	511.8	6.8	470.6	161.6	175
1	29	12	159.3	4.5	279.6	6.6	375.4	7.0	460.4	5.8	450.5	141.5	165
1	29	13	139.5	4.2	237.4	6.6	314.2	6.8	403.0	6.0	365.8	56.8	178
1	29	14	151.4	4.0	261.0	6.2	355.8	6.8	458.6	5.6	338.0	29.0	183
1	29	15	163.1	4.2	276.0	6.5	372.4	7.0	480.2	6.3	333.0	24.0	175
1	29	16	158.8	4.5	263.9	6.5	350.2	6.9	490.1	7.5	351.8	42.8	164
1	29	17	169.2	4.2	286.7	6.3	378.8	6.6	459.3	7.0	386.7	77.7	174
1	29	18	166.5	4.5	278.5	6.5	360.3	6.8	468.5	5.3	433.2	124.2	171
1	29	19	166.7	4.5	272.0	6.4	365.5	7.0	445.3	5.4	494.4	185.4	165
1	29	20	172.0	4.2	283.4	6.1	373.0	6.7	450.8	3.0	510.5	201.5	183
1	29	21	159.7	4.2	269.1	6.1	362.0	6.7	519.1	7.0	517.5	208.5	174
1	29	22	165.8	4.3	269.5	5.9	353.4	6.7	555.1	5.4	506.8	197.8	180
1	29	23	187.1	4.2	292.2	5.9	385.5	6.1	469.1	5.2	480.8	171.8	183
1	29	24	143.7	4.2	244.3	6.2	313.8	6.9	418.7	5.9	419.6	110.6	172

表 3-6 波高統計表

Mt	DY	Hr	H(a)	T(a)	H31	T31	H10	T10	H(m)	T(m)	B01	EL.	NO.
1	30	1	185.5	3.6	309.6	4.9	433.3	5.2	710.5	5.4	412.5	103.5	211
1	30	2	205.2	3.4	335.4	4.6	465.0	4.8	617.0	4.9	379.3	70.3	226
1	30	3	166.7	3.7	286.0	5.6	388.1	6.1	574.0	5.5	362.2	53.2	198
1	30	4	173.4	4.0	293.1	5.9	399.1	6.2	527.1	3.1	364.8	55.8	183
1	30	5	161.8	3.7	264.7	5.2	339.0	5.6	393.6	4.5	392.0	83.0	195
1	30	6	187.8	4.2	308.3	5.9	419.6	5.7	558.2	5.7	428.9	119.9	181
1	30	7	195.1	4.4	330.8	6.3	443.7	6.6	539.2	3.3	469.4	160.4	174
1	30	8	228.7	4.0	380.6	5.2	487.5	6.1	567.5	3.0	504.6	195.6	198
1	30	9	210.2	3.9	349.2	5.4	476.3	5.9	642.6	3.3	522.9	213.9	198
1	30	10	218.1	4.7	366.9	6.6	487.9	6.5	700.7	5.7	516.4	207.4	164
1	30	11	230.3	4.8	396.6	6.4	532.5	6.5	670.1	7.0	489.4	180.4	159
1	30	12	185.2	4.2	304.4	5.9	412.1	6.2	809.9	3.2	452.6	143.6	180
1	30	13	268.6	3.6	429.6	4.7	563.8	4.6	832.2	2.7	407.3	98.3	222
1	30	14	257.1	3.3	423.8	4.7	588.6	5.0	865.3	5.1	374.9	65.9	233
1	30	15	261.7	3.3	438.5	4.5	607.2	4.6	806.0	2.3	354.5	45.5	238
1	30	16	309.8	2.7	493.8	3.2	681.2	2.9	900.4	1.9	351.8	42.8	288
1	30	17	258.9	3.3	426.2	4.3	591.2	5.0	1011.8	7.0	363.2	54.2	232
1	30	18	236.3	3.7	390.6	5.3	511.4	5.6	861.8	6.4	390.7	81.7	206
1	30	19	255.8	3.5	412.9	4.7	573.9	5.1	787.1	6.6	425.8	116.8	221
1	30	20	217.1	4.1	367.9	5.9	507.1	6.2	700.1	7.0	457.9	148.9	187
1	30	21	261.8	4.2	448.0	5.7	638.5	5.9	803.5	5.8	482.8	173.8	186
1	30	22	247.8	4.5	408.7	6.3	534.3	6.6	637.3	6.5	493.6	184.6	174
1	30	23	246.7	4.4	410.0	6.2	551.1	6.4	750.8	5.3	486.3	177.3	179
1	30	24	209.4	4.8	357.5	6.4	485.4	6.7	566.3	5.5	451.5	142.5	167

表 3-7 波高統計表

Mt	DY	Hr	H(a)	T(a)	H31	T31	H10	T10	H(m)	T(m)	B01	EL.	NO.
1	31	1	216.4	4.2	361.0	6.1	473.0	6.5	558.4	5.9	434.6	125.6	180
1	31	2	191.1	4.2	329.7	6.2	459.5	7.2	550.5	6.7	402.9	93.9	176
1	31	3	187.2	3.9	315.2	6.1	440.0	7.1	668.3	6.5	378.4	69.4	194
1	31	4	218.6	4.4	353.5	6.0	459.7	6.4	665.1	6.8	370.5	61.5	181
1	31	5	203.8	4.2	354.3	6.2	476.3	6.4	723.5	6.0	381.0	72.0	174
1	31	6	181.3	4.2	301.3	6.4	395.8	6.5	530.3	5.0	405.7	96.7	180
1	31	7	164.2	4.1	293.7	6.5	412.2	7.0	478.0	5.4	441.9	132.9	180
1	31	8	187.3	4.7	316.5	6.7	423.8	7.0	504.8	2.8	471.2	162.2	157
1	31	9	166.7	5.0	286.5	7.3	400.2	7.5	557.7	6.8	486.5	177.5	150
1	31	10	209.4	4.6	338.4	6.6	429.0	7.1	495.5	7.3	490.0	181.0	172
1	31	11	184.8	4.1	320.1	6.2	432.6	6.9	493.0	4.9	487.1	178.1	182
1	31	12	239.0	4.4	401.9	6.3	545.5	6.7	652.1	6.7	465.6	156.6	174
1	31	13	176.9	4.4	302.1	6.7	413.2	6.9	587.9	6.2	444.4	135.4	168
1	31	14	178.9	4.2	309.7	5.8	423.5	6.2	653.8	5.7	420.4	111.4	178
1	31	15	201.8	3.6	327.7	4.8	420.3	5.4	564.7	5.3	397.8	88.8	218
1	31	16	230.6	3.1	365.3	4.1	481.1	5.1	709.7	6.6	382.9	73.9	242
1	31	17	244.3	4.0	391.3	6.0	496.7	6.6	680.8	3.1	386.7	77.7	192
1	31	18	259.0	4.5	423.3	6.4	556.7	7.1	725.7	6.3	402.3	93.3	172
1	31	19	271.5	4.1	452.1	5.9	614.7	6.6	855.4	6.2	426.4	117.4	190
1	31	20	251.6	4.6	431.5	6.4	584.6	7.0	663.6	6.2	458.3	149.3	171
1	31	21	250.0	5.0	435.9	7.1	592.6	7.5	811.1	6.6	484.9	175.9	156
1	31	22	223.1	5.0	360.1	6.8	469.1	7.3	535.8	5.6	496.8	187.8	158
1	31	23	236.9	5.1	393.2	7.4	510.0	7.2	602.3	8.2	500.3	191.3	151
1	31	24	176.8	4.4	296.1	6.1	380.3	6.8	458.0	7.7	466.6	157.6	174

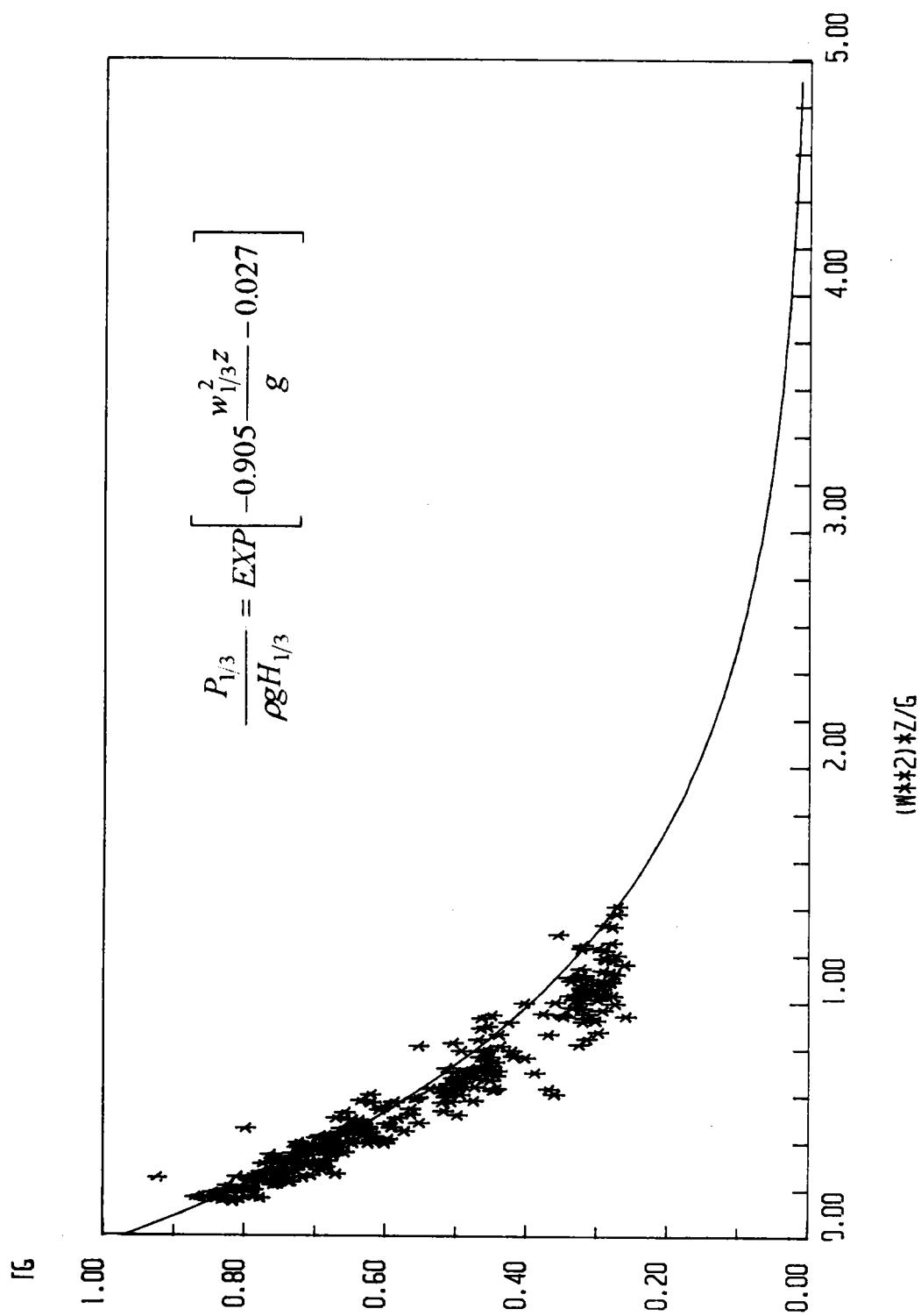


圖 3-18 TG 與 $\omega^2 z/g$ 關係圖(示性波)

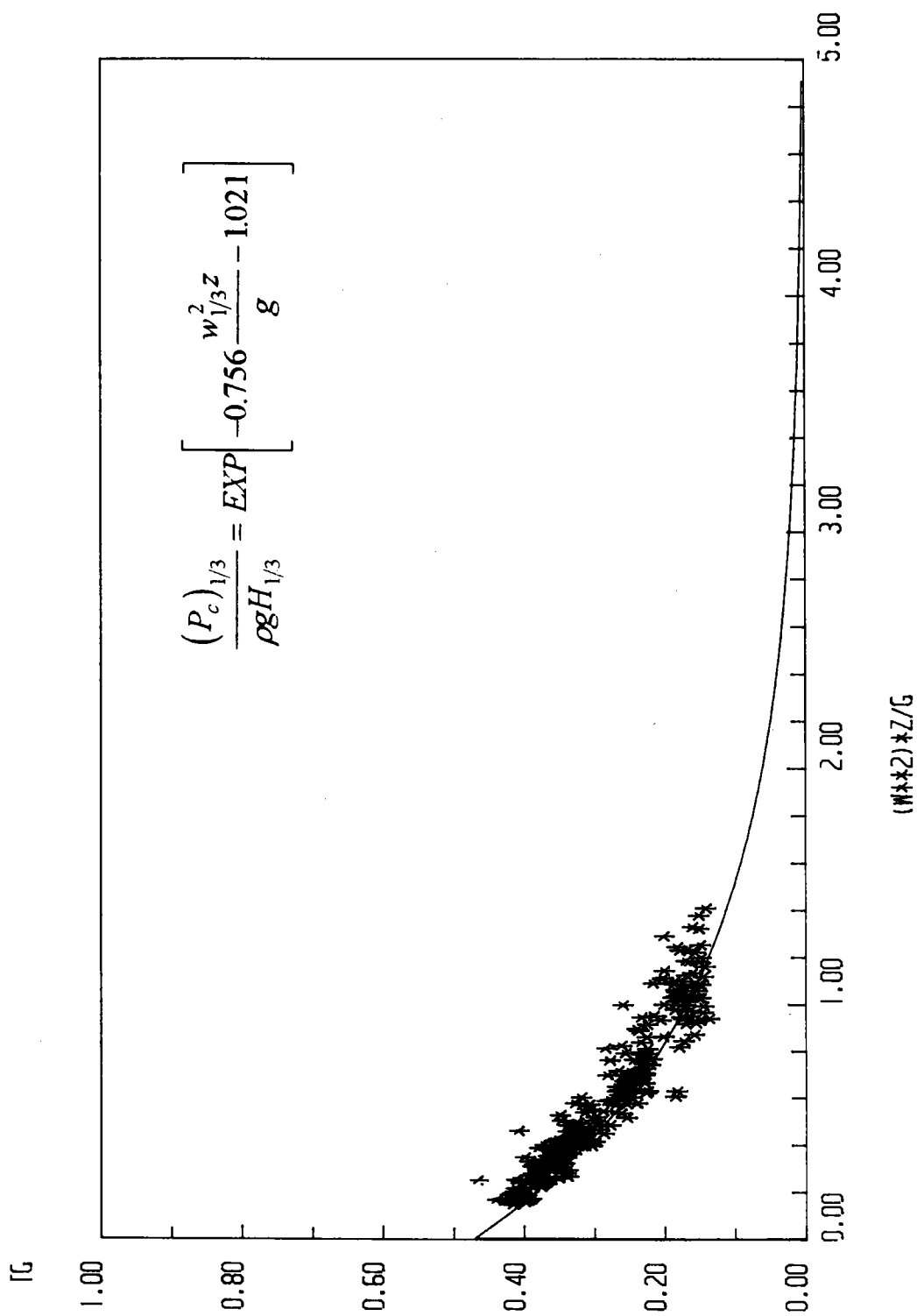


圖 3-19 TG 與 $\omega^2 z/g$ 關係圖(示性波峰)

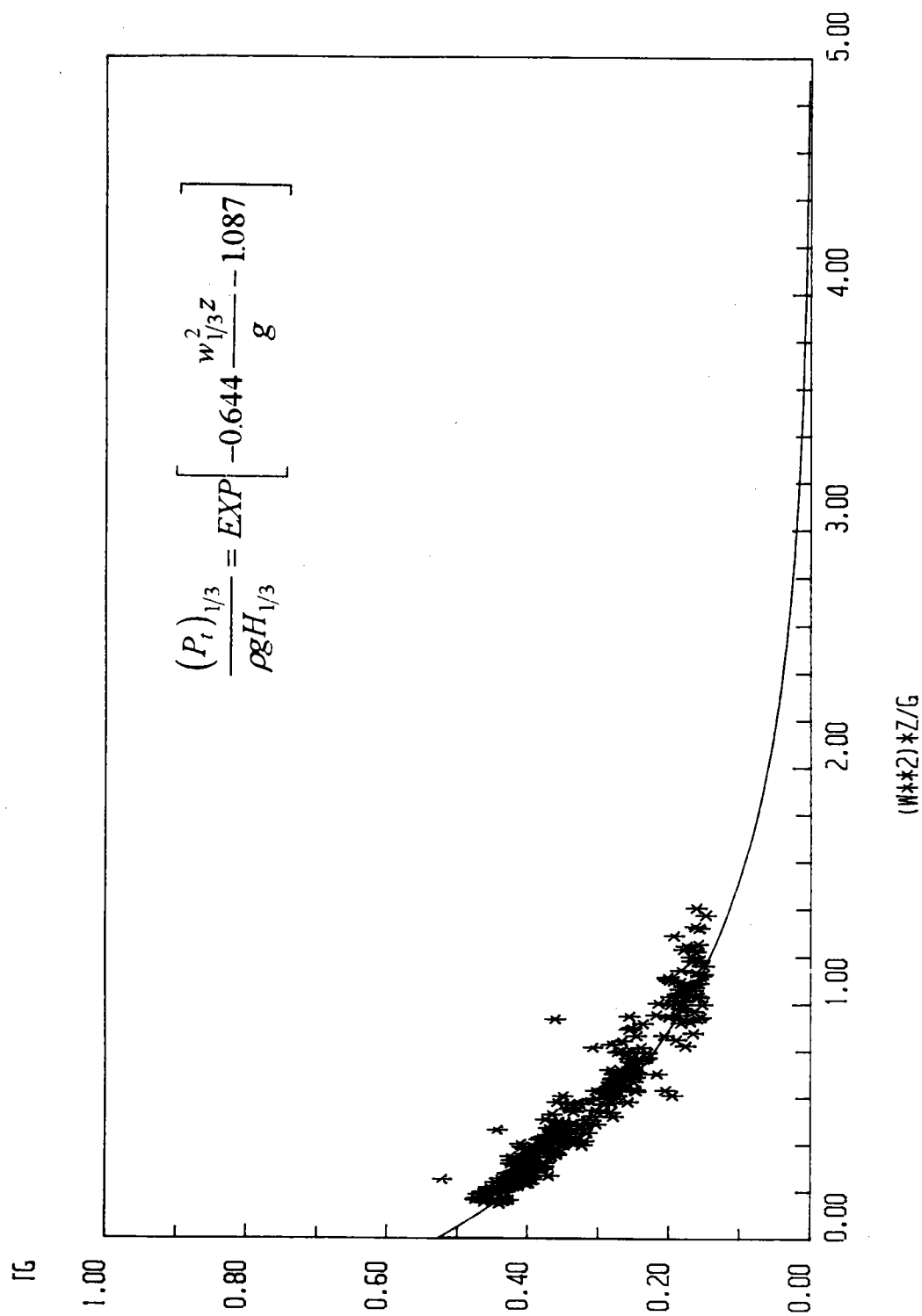


圖 3-20 TG 與 $\omega^2 z/g$ 關係圖(示性波谷)

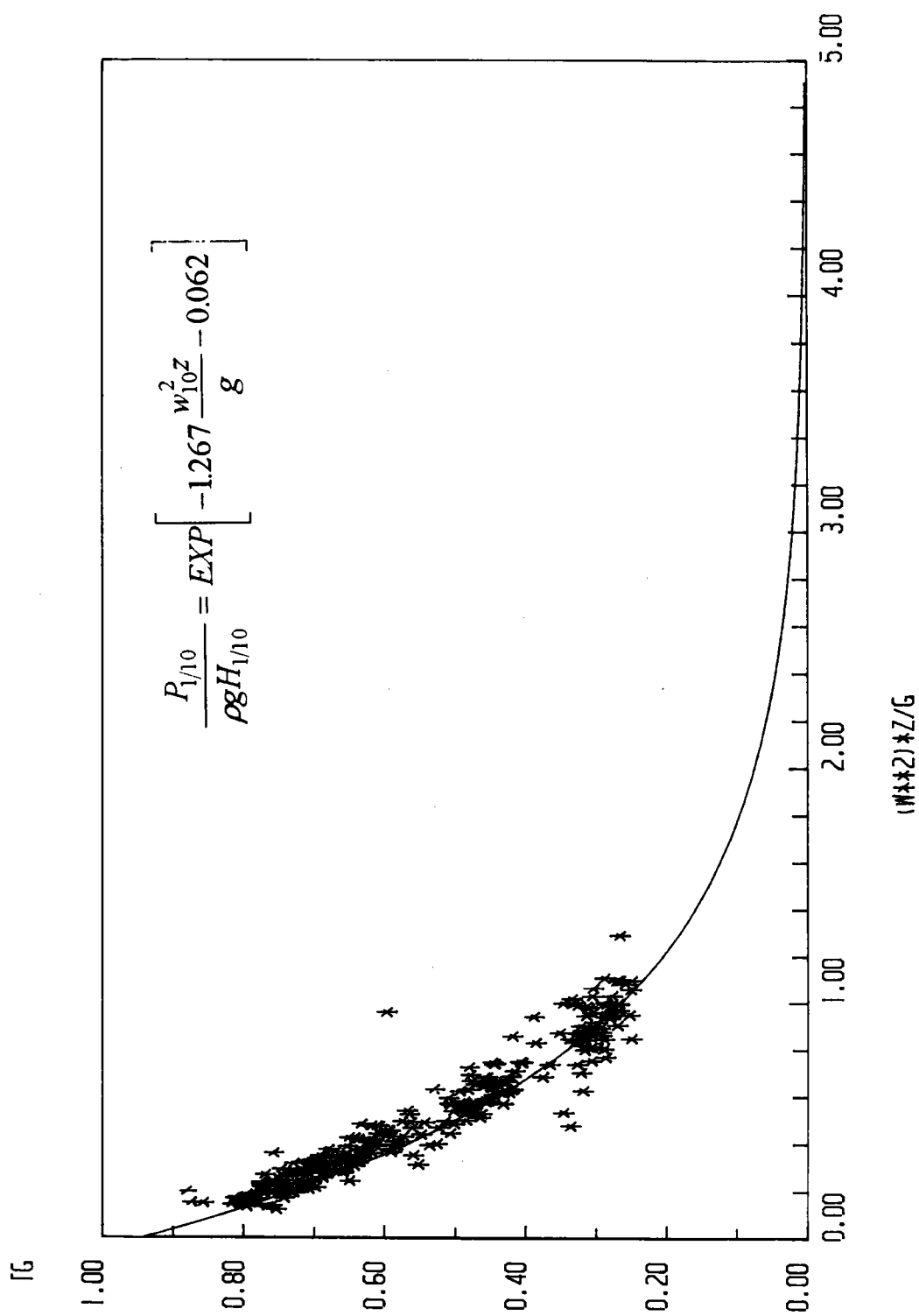


圖 3-21 TG 與 $\omega^2 z/g$ 關係圖(十分之一波)

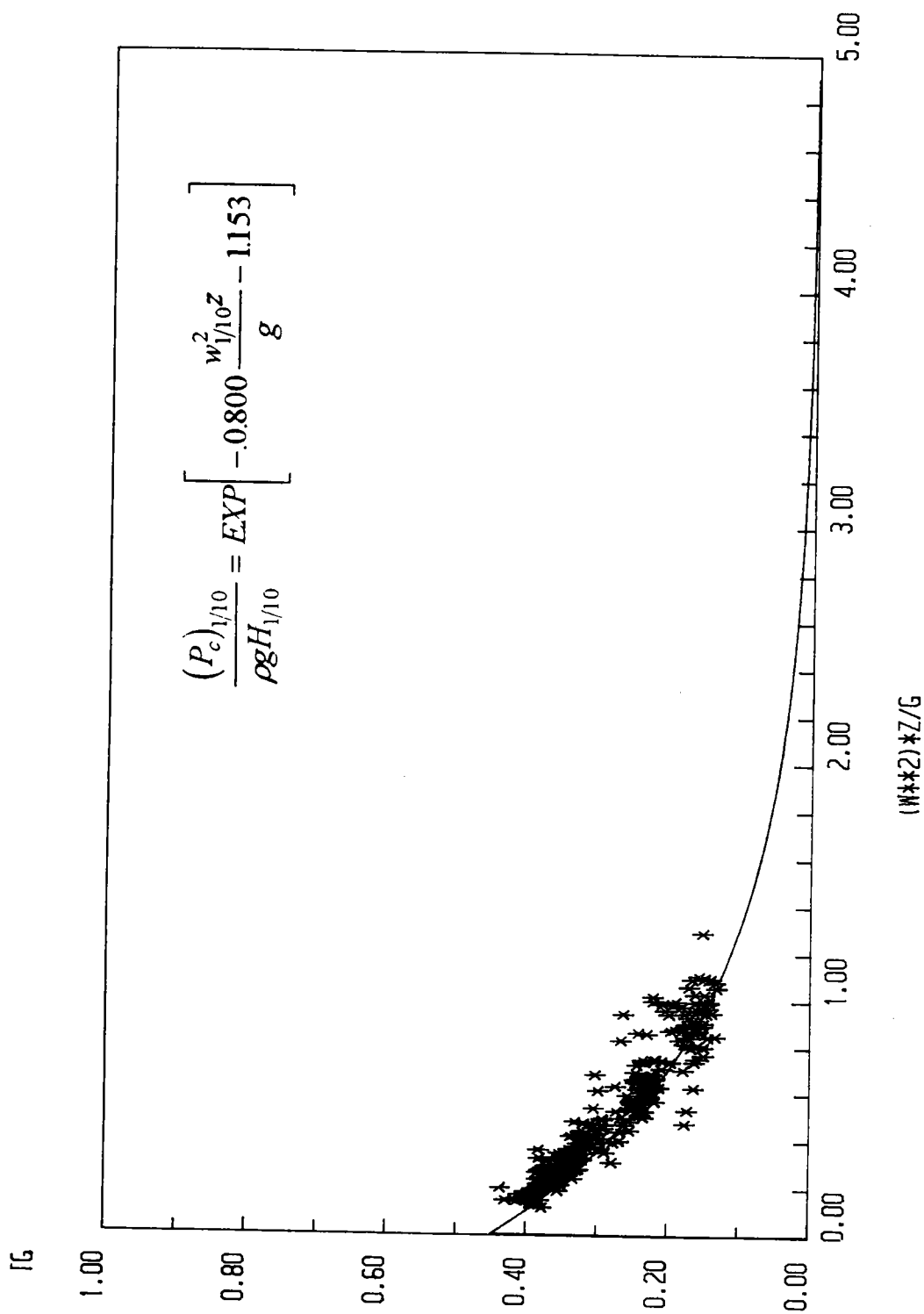


圖 3-22 TG 與 $\omega^2 z/g$ 關係圖(十分之一波峰)

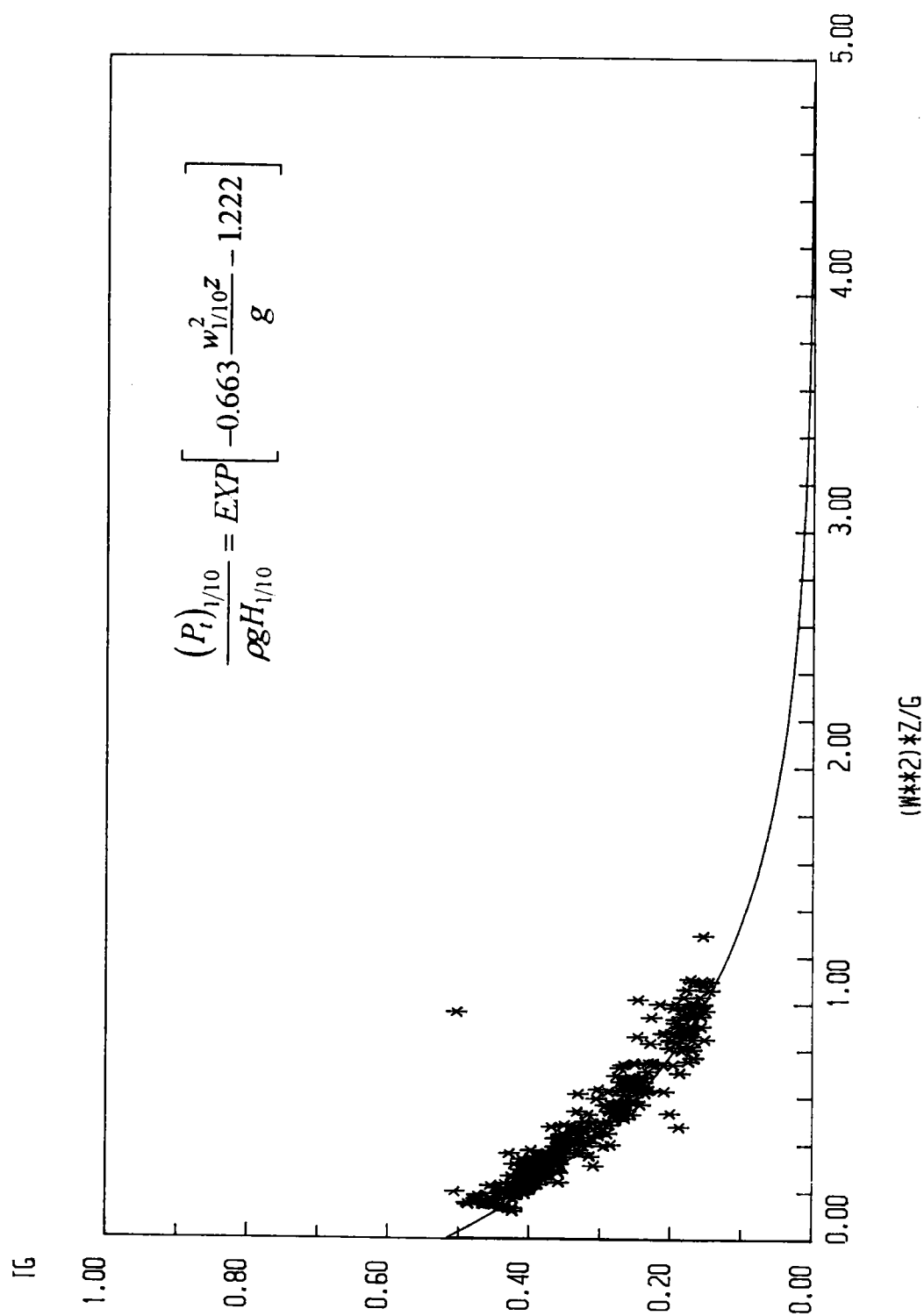


圖 3-23 TG 與 $\omega^2 z/g$ 關係圖(十分之一波谷)

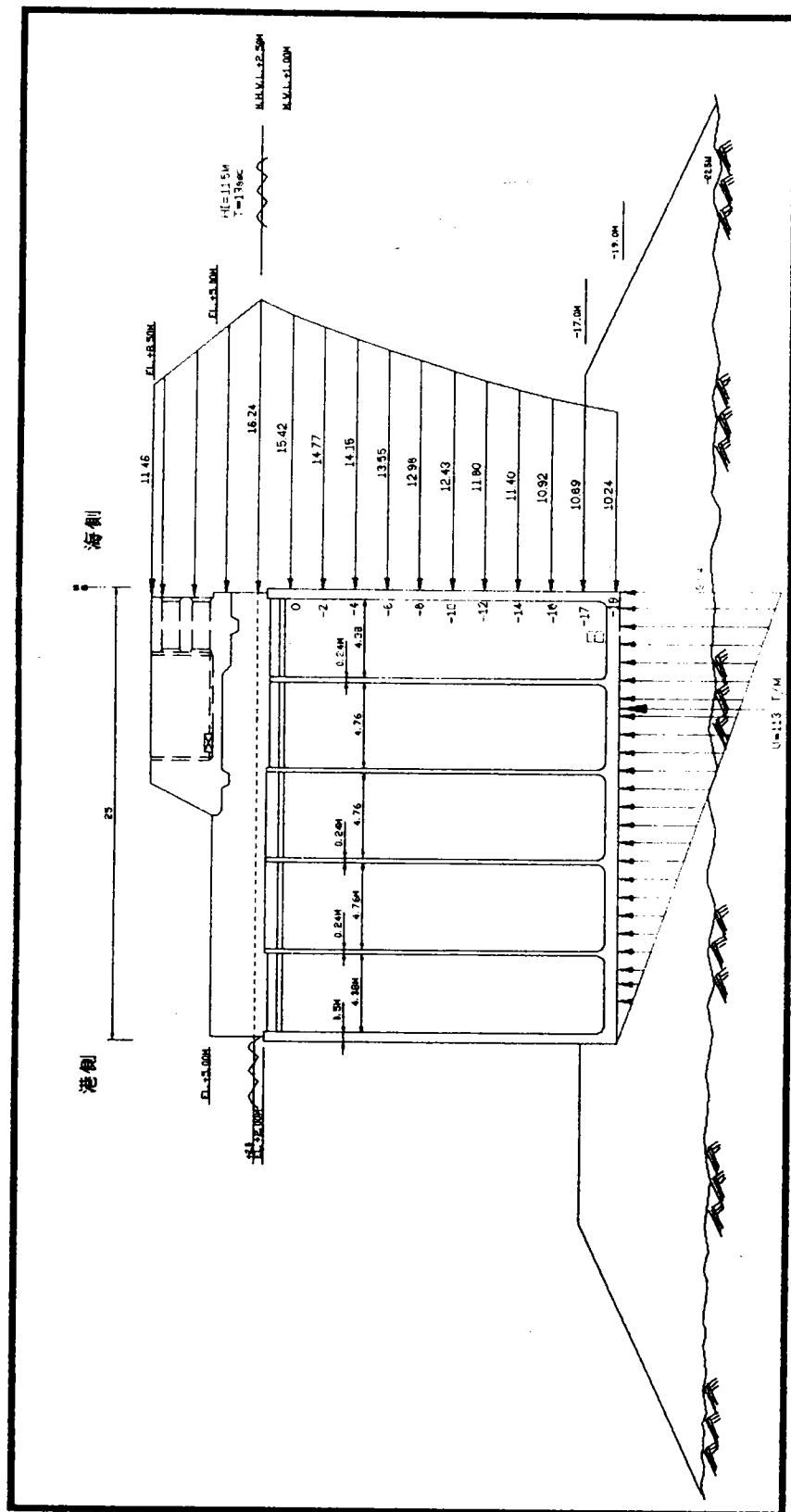


圖 3-24 波壓分佈圖

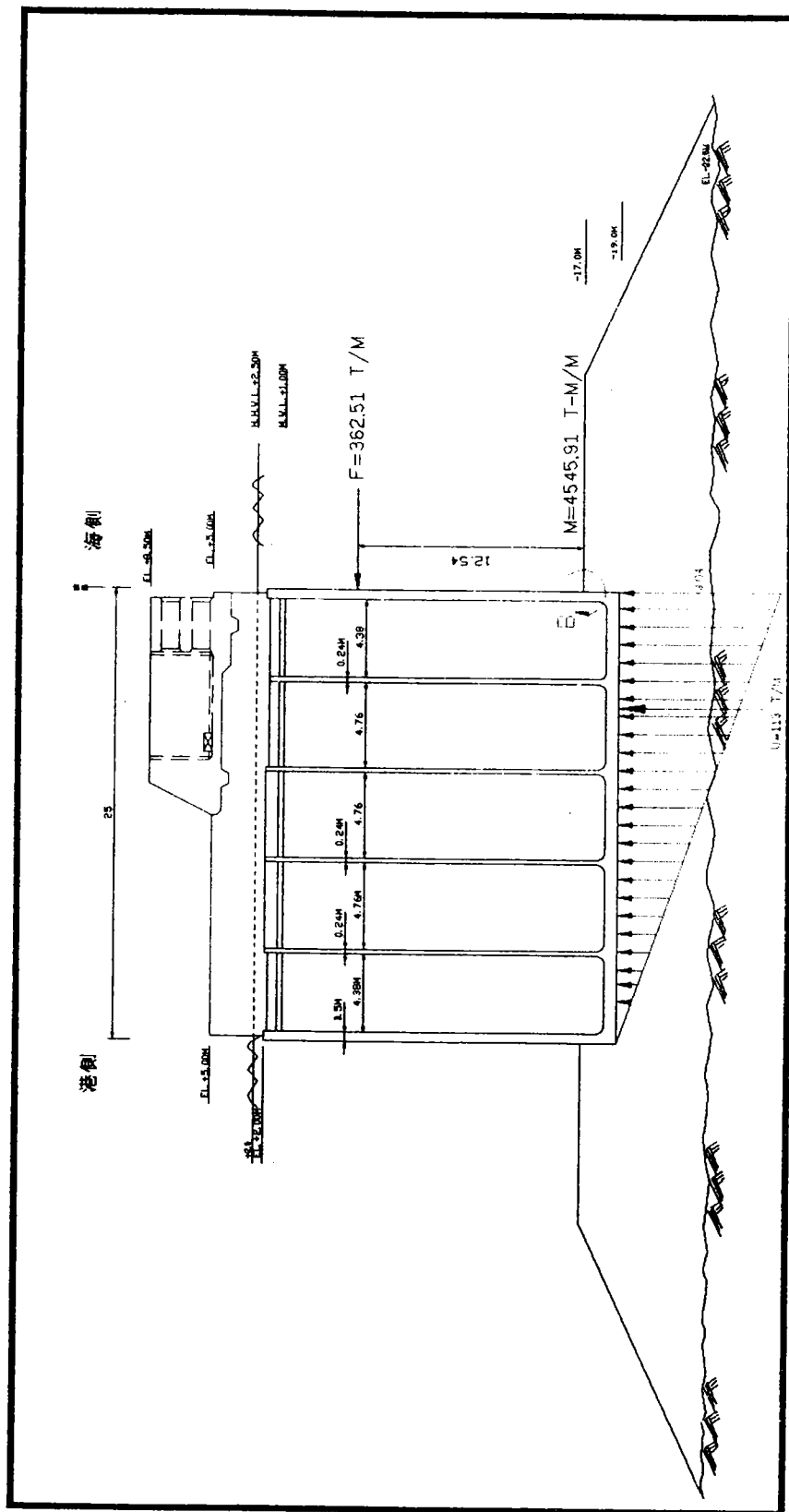
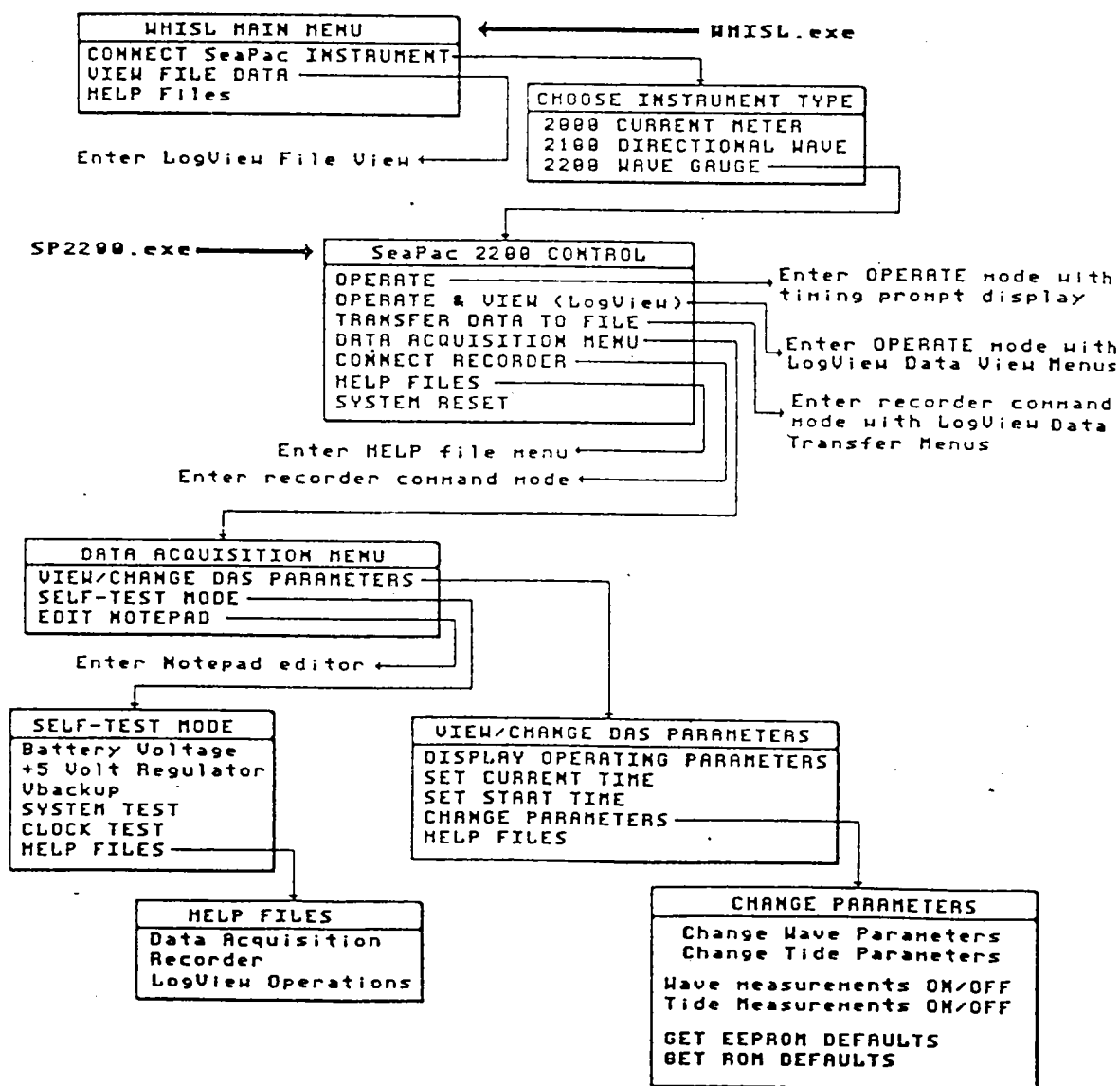


圖 3-25 波力分佈圖

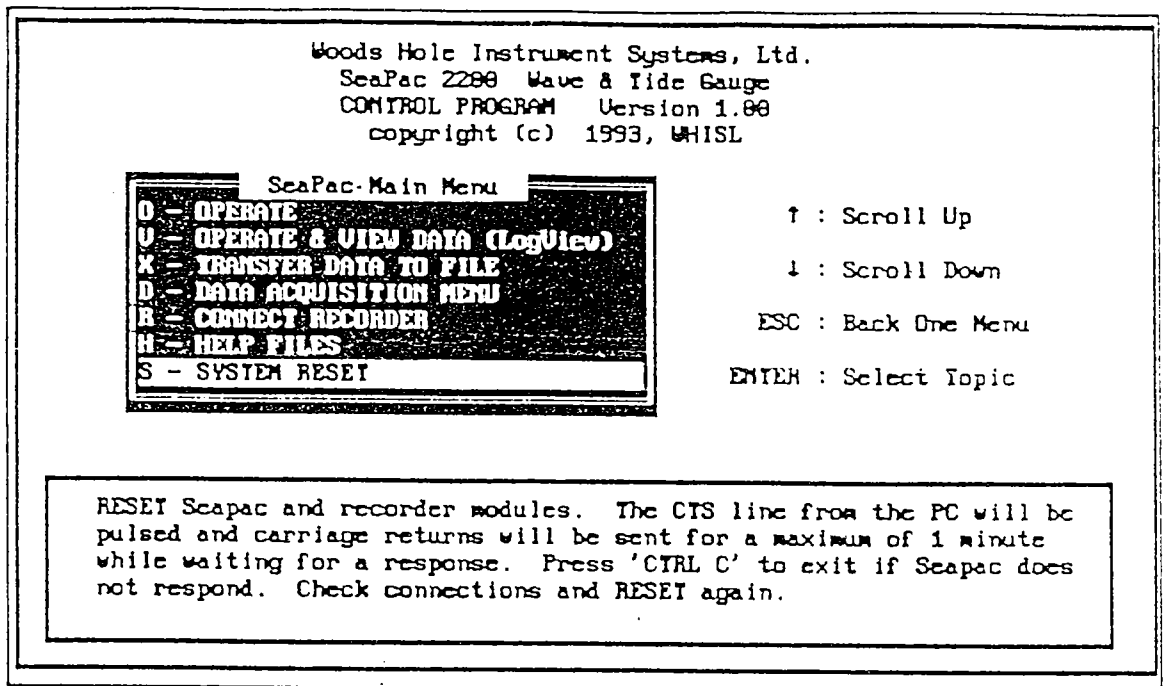
波高計讀取軟體 SP2200 操作摘要

1. 下圖為軟體選單之整體架構及相互關係。



2. 操作方法

- ① 在 DOS 命令列下執行 SP2200.exe 後進入主選單畫面如下：



於 RS-232 通訊連接線接上電腦後，先執行 S 選項作 System Reset，等待螢幕上閃動一次表示通信埠啟動並重置，之後可以進行主機動作之設定或資料讀取。

- ② 主機動作設定 Data Acquisition Setup(DAS)可設定之內容包含：

- 設定量測時程
- 設定儀器內部時鐘
- 執行系統自我測試
- 修改系統備忘錄
- 啟動物理量記錄

選擇 D 選項 Data Acquisition Menu 可進入所有設定操作之子選單，內容包含：

- View/Change DAS Parameter — 修改主機監測設定
- Self-Test Mode — 作主機自我測試
- Edit Notepad — 編輯備忘錄

於第一個選擇項下可執行下列工作：

- Display Operating Parameters — 顯示目前設定之操作參數
- Set Current Time — 設定目前時間
- Set Start Time — 設定啓動記錄時間
- Change Parameters — 改變主機設定之參數
- Help Files — 顯示說明檔之內容

欲修改參數則進入第 4 項後依螢幕內容改變為所需之設定即可

③ 記錄器內容資料之讀取

在至選單中選擇 Transfer Data To File 後可連上記錄器並作資料傳輸動作以存入電腦檔案。

在選擇進入該選單後出現如下畫面

< COMMANDS >		< STATUS >
▶Select PORT.....1		
Change BAUD rate.....2		
CONNECT to Recorder.....3		
FAST data transfer.....4		
Return to SeaPac CONTROL....c		

< COMMUNICATIONS - press END to Disconnect >	

於畫面上方有五個選項

- Select Port — 選擇通信埠，內定值為(COM1)
- Change BAUD rate — 選擇通信速度，可選擇之內容為 1200、1400、9600、19200，內定值為 9600。
- Connect to Recorder — 進入連線模式，可對記錄器下指令，指令內容包含：

READ X 讀入 X 筆記錄(最大為 32767)

MARK 在現存資料之最後寫入一個標記

BAUD 設定通信速度

INIT 清除記錄器內所有資料

SHOW 顯示記錄器目前狀態

H	顯示說明內容
NOTE	將說明寫入記錄器內
+SKIP X	將資料位置指標向後移動 X 位置， 若 X 超過終點則停止
-SKIP X	將資料位置指標向前移動 X 位置， 若 X 超過起點則停止
+FILE X	將指標向後移動 X 個檔案標記位置
-FILE X	將指標向前移動 X 個檔案標記位置
EOD	將指標移到記錄資料之最後
REWIND	將指標移動記錄資料之起點
PUSH	儲存目前指標位置
POP	將指標移動到上次 PUSH 的位置

- Fast Data Transfer — 快速傳輸資料到設定之檔案內，於選擇後會要求輸入檔案名稱，之後螢幕上之訊息不再顯示以加快傳輸速度，於待機狀態下執行 READ X 的命令即開始作資料傳輸之動作，並在右上角會顯示傳輸資料之大小。
- Return to Seapac Control — 回到主選單

第四章 孔隙水壓之量測

4-1 孔隙水壓計之按裝測試

(a) 孔隙水壓計

1. 採用旋轉式鑽機鑽掘至預定深度，但因為本地區之地下層面很不穩定，且海浪影響很大，因此安裝前須以套管保護孔口以防崩孔。
2. 水壓計於地面上先行接線，並於電纜線上註明安裝深度位置，並於接線位置確實做好防水措施，並先行飽和量測初值。
3. 待鑽機完成後，將預先準備好水壓計，放入孔內並量測其水壓計是否合理，再開始回填水洗石並拔出套管，於欲封層位置以朋脫土封層，再回填水洗石，孔口 1M 處以水泥漿回填。
4. 安裝示意圖見圖(4-1)。

(b) 電子孔隙水壓計之調整測試步驟

1. Sensor 與放大器之接線圖

Sensor	放大器
紅	5
黑	7
白	6
綠	8
shield	9

2. CSD-819 放大器調整

(1) 加負載校正程序：

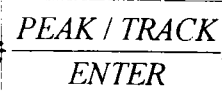
①接好感應器(負載)及加電源 110VAC。

②按  鍵，螢幕顯示“FUnC”。

③接著按  鍵，至螢幕顯示“CCAL”。

④接著按  鍵，螢幕顯示“d-01”。

可設 1、2、5、10、20、50 共 6 種最小位數的變化量之設定

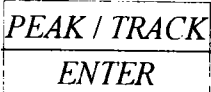
⑤接著按  鍵，螢幕顯示“disp”。

⑥接著按  鍵，再利用   ZERO 更改最大負載顯示範圍(1 ~ 9999)。

⑦接著按  鍵，螢幕顯示“LoAd”。

⑧接著按  鍵，再利用   ZERO 加實際負載，再設定其實數值。

⑨接著按  鍵，螢幕顯示“ZEro”，去掉負載，此時可設定初始負載狀態數值。

⑩接著按鍵 ，螢幕顯示“SPAn”。

11 此時再加上實際負載，再按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，則螢幕會顯示“End”。

12 再按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕會顯示目前負載數值，且“CCAL”mode 則完成了。

(2) 電子式自動校正程序

① 接好感應器(負載)及加電源 110VAC。

② 按

FUNC

 鍵，螢幕顯示“FUnC”。

③ 接著按

LO
△

 鍵 2 次至螢幕顯示“ACAL”。

④ 接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕顯示“d-01”。

可設 1、2、5、10、20、50 共 6 種最小位數的變化量之設定

⑤ 接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕顯示“disp”。

⑥ 接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，再利用

HI
△

LO
△

ZERO

 更改最大負載顯示範圍(1 ~ 9999)。

⑦ 接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕顯示“CAPA”。

⑧接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，利用感應器檢查報告(Test Repotr)設定。其中 $2000 \mu \text{st}$ 相對於 1.000mV/V 校驗值。

⑨接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕會顯示“ZERO”。此時可設定初始值負載狀態。

先將後面板⑥、⑧(SIG-及 SIG+)短路。

⑩接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕會接著閃爍顯示“Zero” “—” “End”。

11 接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，“ACAL”mode，則完成了，並顯示出負載數值。

(3)零點(Zero)細調

接實際負載修正零點

①按

FUNC

 鍵，螢幕顯示“FuNC”。

②接著按

LO
◀

 3 次至螢幕顯示“ZEro”。

③接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕顯示“OFST”。

④利用

HI
△

LO
◀

 鍵來更改初始負載數值。

⑤調整完畢，按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，則螢幕會顯示“End”。

再按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，則零點校正完成。

(4)增益(Span)細調

①按

FUNC

 鍵，螢幕顯示“FUnC”。

②接著按

LO
◁

 4 次至螢幕顯示“CAPA”。

③接著按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕顯示“SPan”。

④按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，並利用

HI
△

LO
◁

 鍵來調整增益量。

⑤完成調整後按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，螢幕會顯示“End”。

再按

PEAK / TRACK
ENTER

 鍵，則“CAPA” mode 就完成了。

4-2 現場觀測及結果

(1)現場觀測

(a)觀測點佈置

本次孔隙水壓之觀測其設置位置(編號 W7 ~ W10 共 4 個量測點)如圖 2-4 所示。W7 設置在沉箱底下，W8、W9、W10 為海側在同一測孔內。孔隙水壓力與堤面上之波壓力、波高量測同一時間之壓力訊號。

(b)資料擷取與分析

孔隙水壓變化採地震時自動擷取與平時定時擷取資料，及任意時間設定擷取三種方式，自動擷取時因配合地震

發生之瞬間變化情形因此其資料配合地震之採樣頻率取 100Hz，平時定時擷取皆採每二小時採樣 20 分鐘，採樣頻率可 10Hz，共可取得 12000 個資料點以供分析，任意時間擷取可選擇任何時間起動與任何採樣頻率。統計分析時係以零上切法來求得各統計值。在做資料處理前先使用最小二乘方法將潮位消除，其計算方式如第三章所示。

(2) 觀測結果

圖 4-2 至圖 4-5 為其孔隙水壓變化之歷時圖，由圖中可明顯發現其與波高歷時變化相當相似，亦即孔隙水壓受波浪變化之影響相當明顯，至於是否有相位遲滯現象由歷時記錄尚無法明顯看出，應再做進一步分析，才能明白確立其相位遲滯現象，但此地點經鑽探結果其土層屬於 GP，係透水較高區域，波高與孔隙水壓間之遲滯現象應較小即孔隙水壓沒有集中現象，有效應力較不會降低。表 4-1 至表 4-4 為統計結果。

由孔隙水壓記錄與堤面波壓記錄之比對很容易發現其間相位接近，壓力變化亦有相似的變動幅度，因此亦採用堤面波壓處理方式，探討孔隙水壓與波高間的無因次化參數和 w^2z/g 無因次參數間的關係，圖 4-6 至圖 4-11，分別表示示性波壓，示性波峰、波谷及十分之一波壓、波峰、波谷等與 w^2z/g 之關係圖，經迴歸分析後得到如下之表示式

示性波壓

$$\frac{P_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = E_{xp} \left[-2.413 \frac{W_{1/3}^2 z}{g} - 0.265 \right] \quad (4-1)$$

$$\frac{(P_c)_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = E_{xp} \left[-2.738 \frac{W_{1/3}^2 z}{g} - 0.225 \right] \quad (4-2)$$

$$\frac{(P)_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = E_{xp} \left[-2.798 \frac{W_{1/3}^2 z}{g} - 0.261 \right] \quad (4-3)$$

十分之一波壓

$$\frac{P_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = E_{xp} \left[-1.958 \frac{W_{1/10}^2 z}{g} - 0.422 \right] \quad (4-4)$$

$$\frac{(P_c)_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = E_{xp} \left[-2.662 \frac{W_{1/10}^2 z}{g} - 0.314 \right] \quad (4-5)$$

$$\frac{(P_t)_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = E_{xp} \left[-2.397 \frac{W_{1/10}^2 z}{g} - 0.400 \right] \quad (4-6)$$

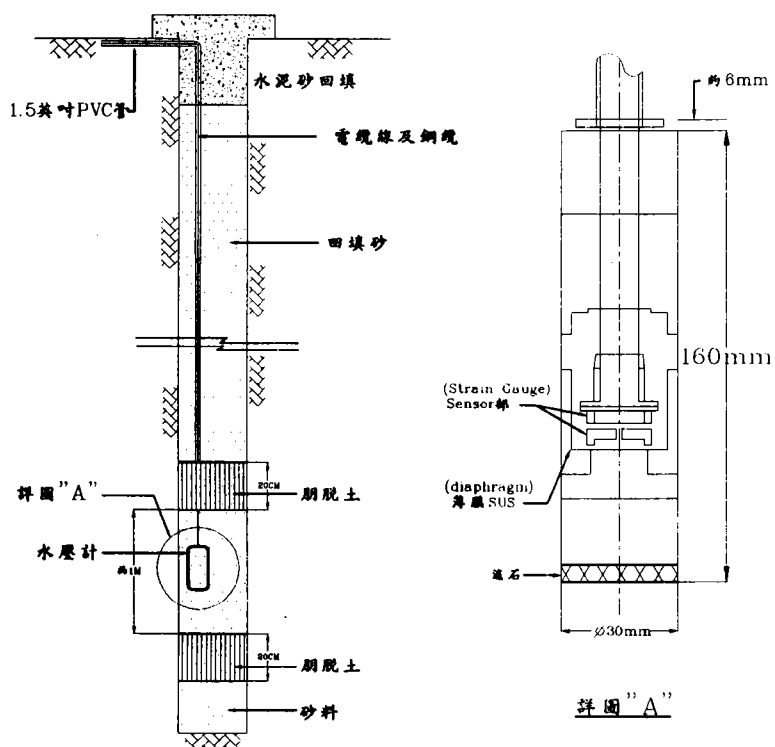


圖 4-1 電子式地下水壓計設圖

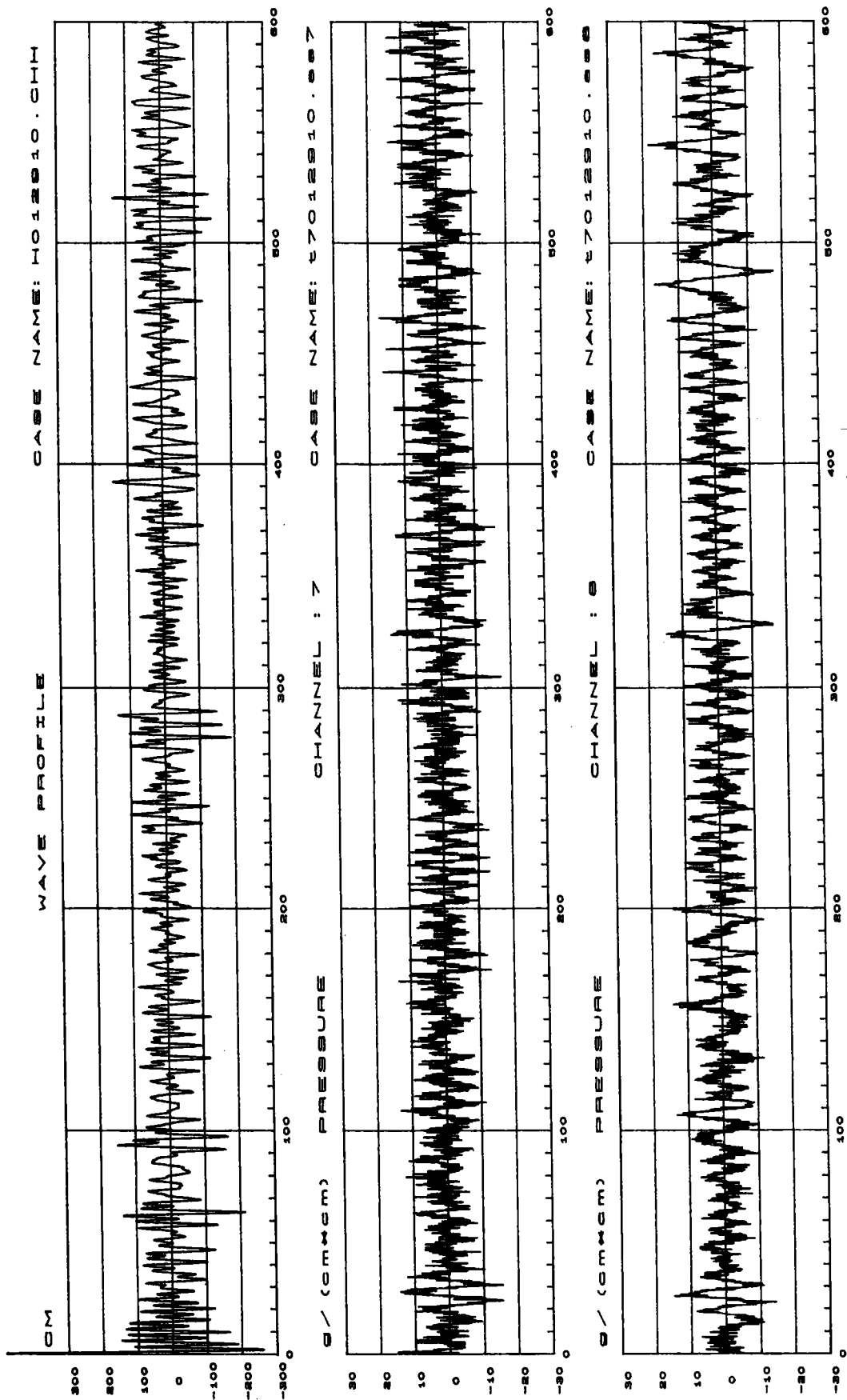


圖 4-2 孔隙水壓變化之歷時圖

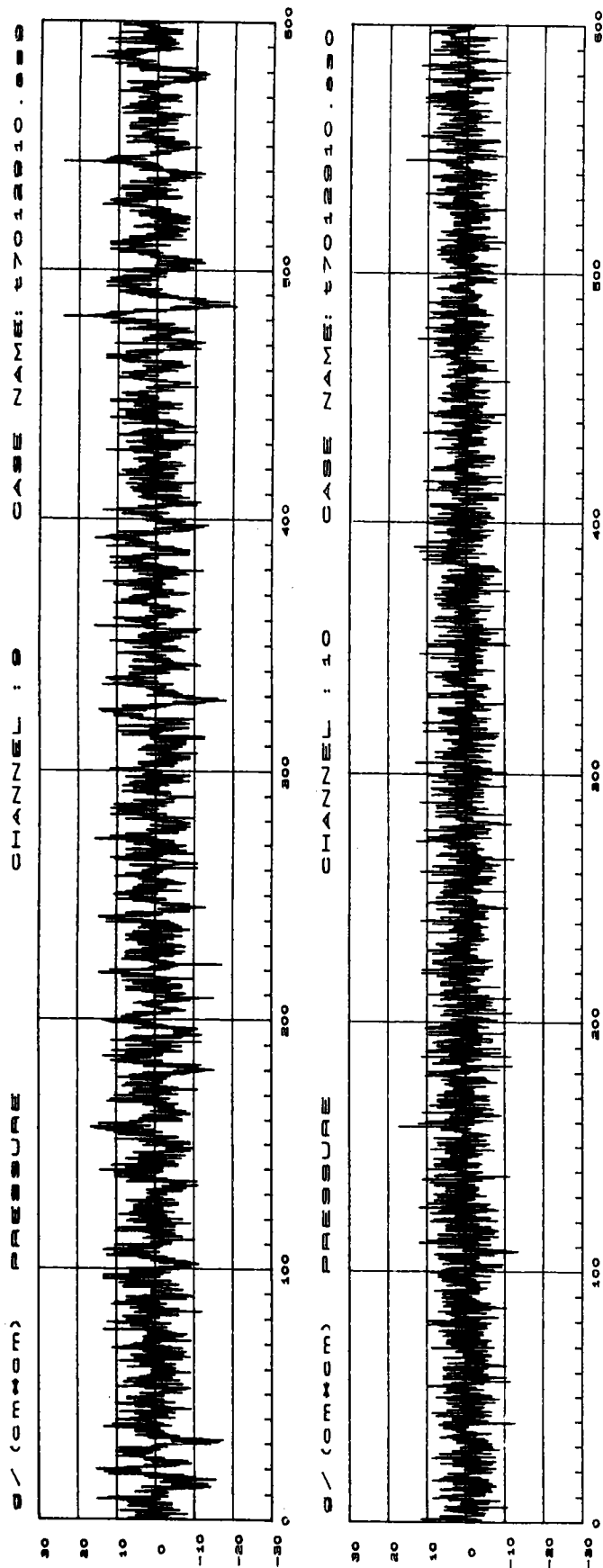


圖 4-3 孔隙水壓變化之歷時圖

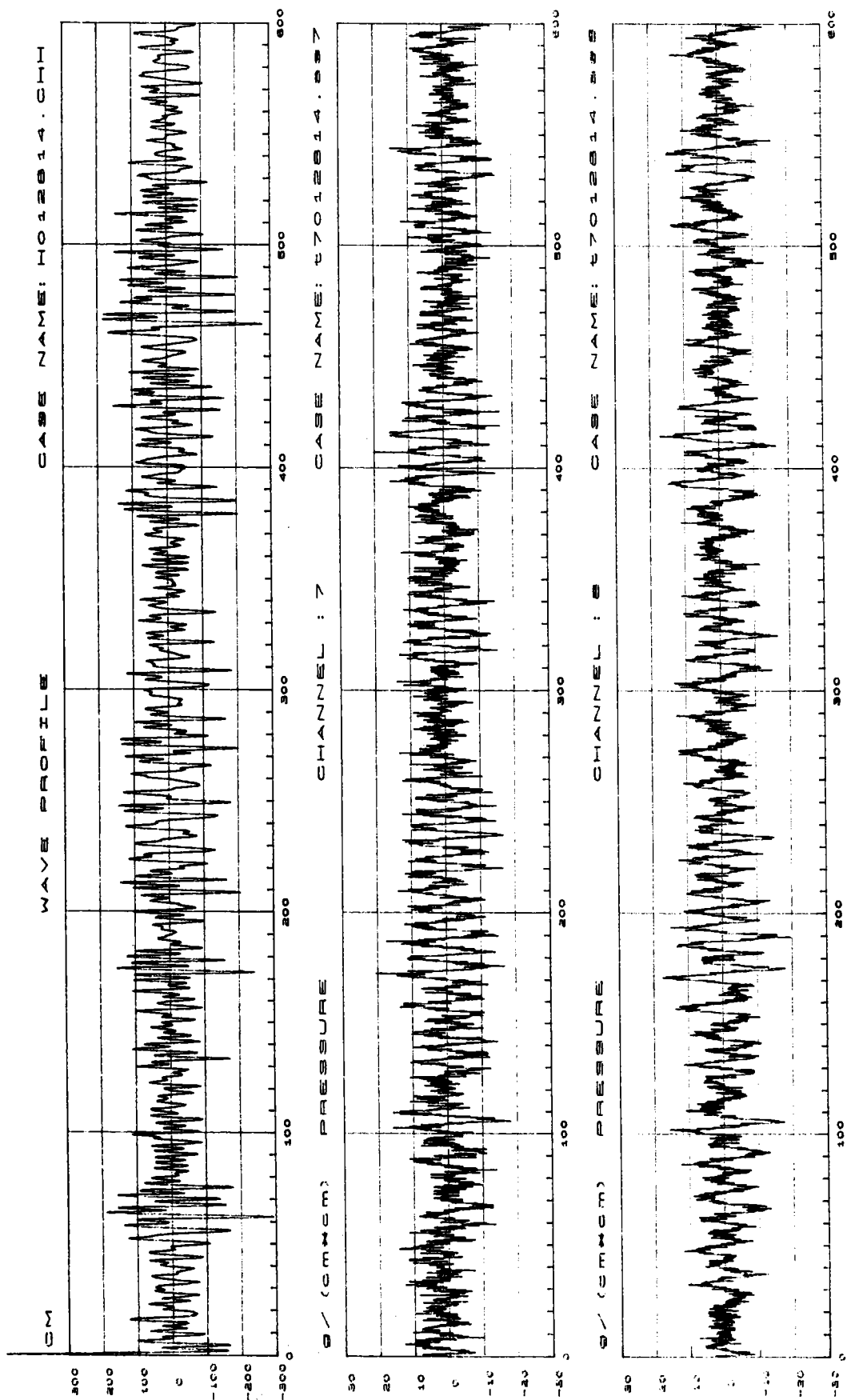


圖 4-4 孔隙水壓變化之歷時圖

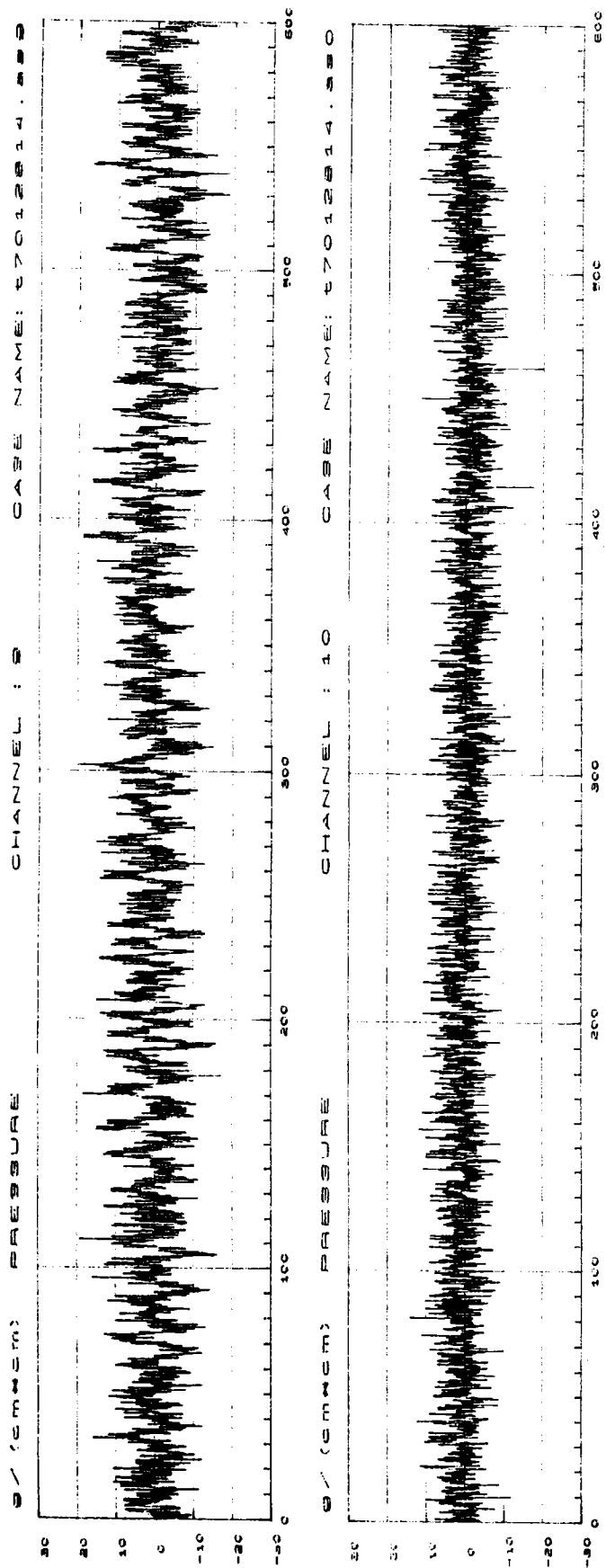


圖 4-5 孔隙水壓變化之歷時圖

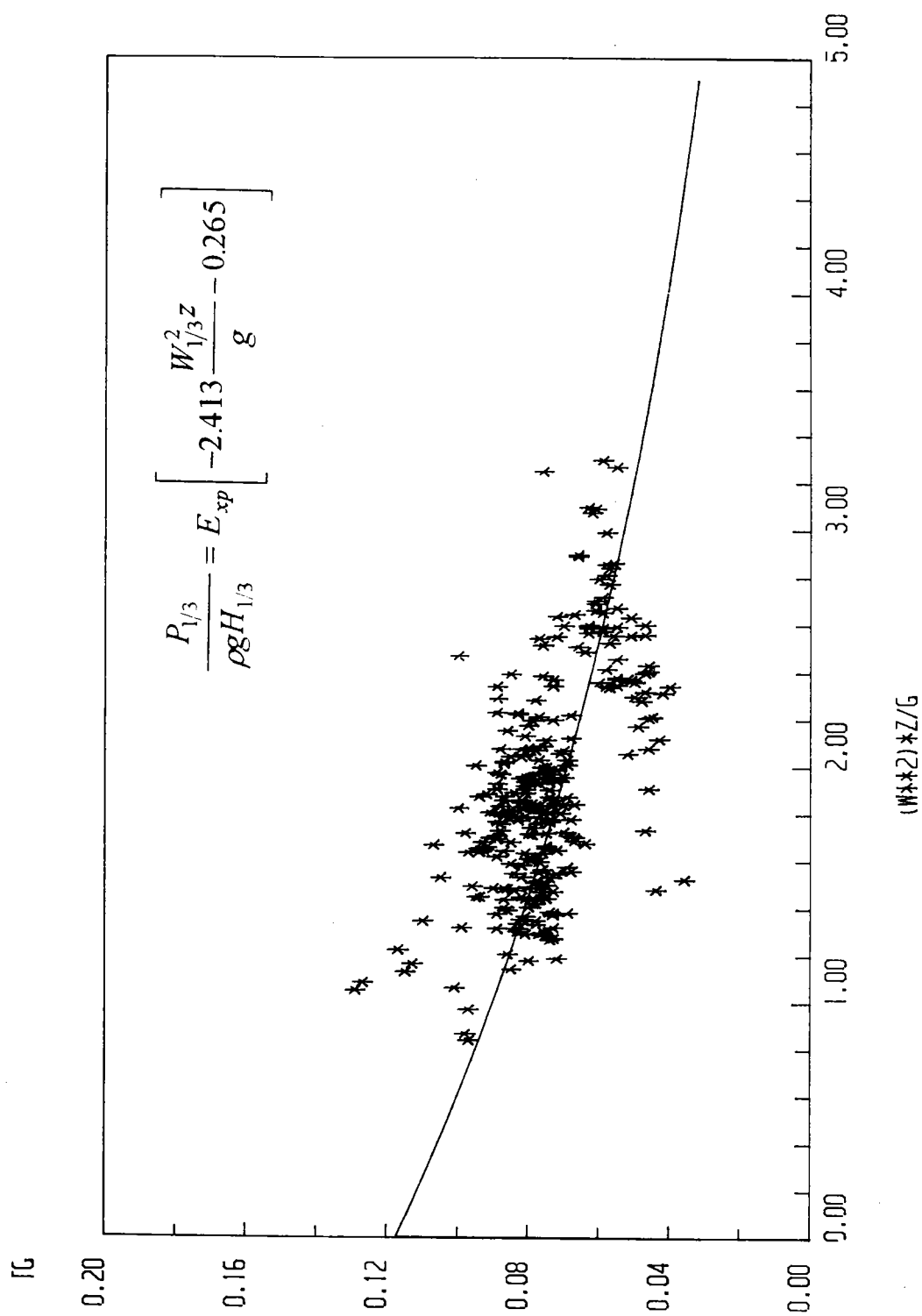


圖 4-6 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(示性波)

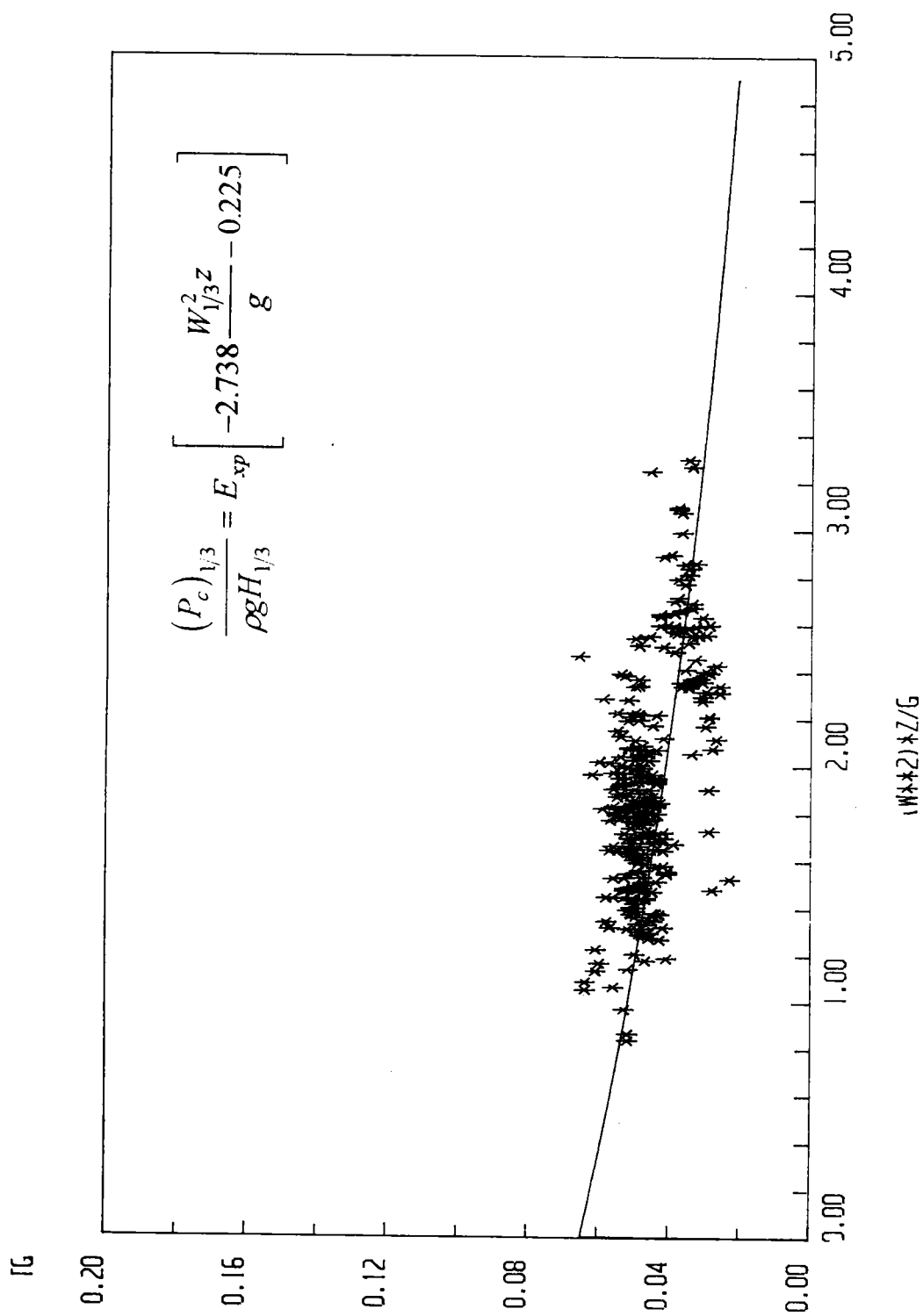


圖 4-7 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(示性波波峰)

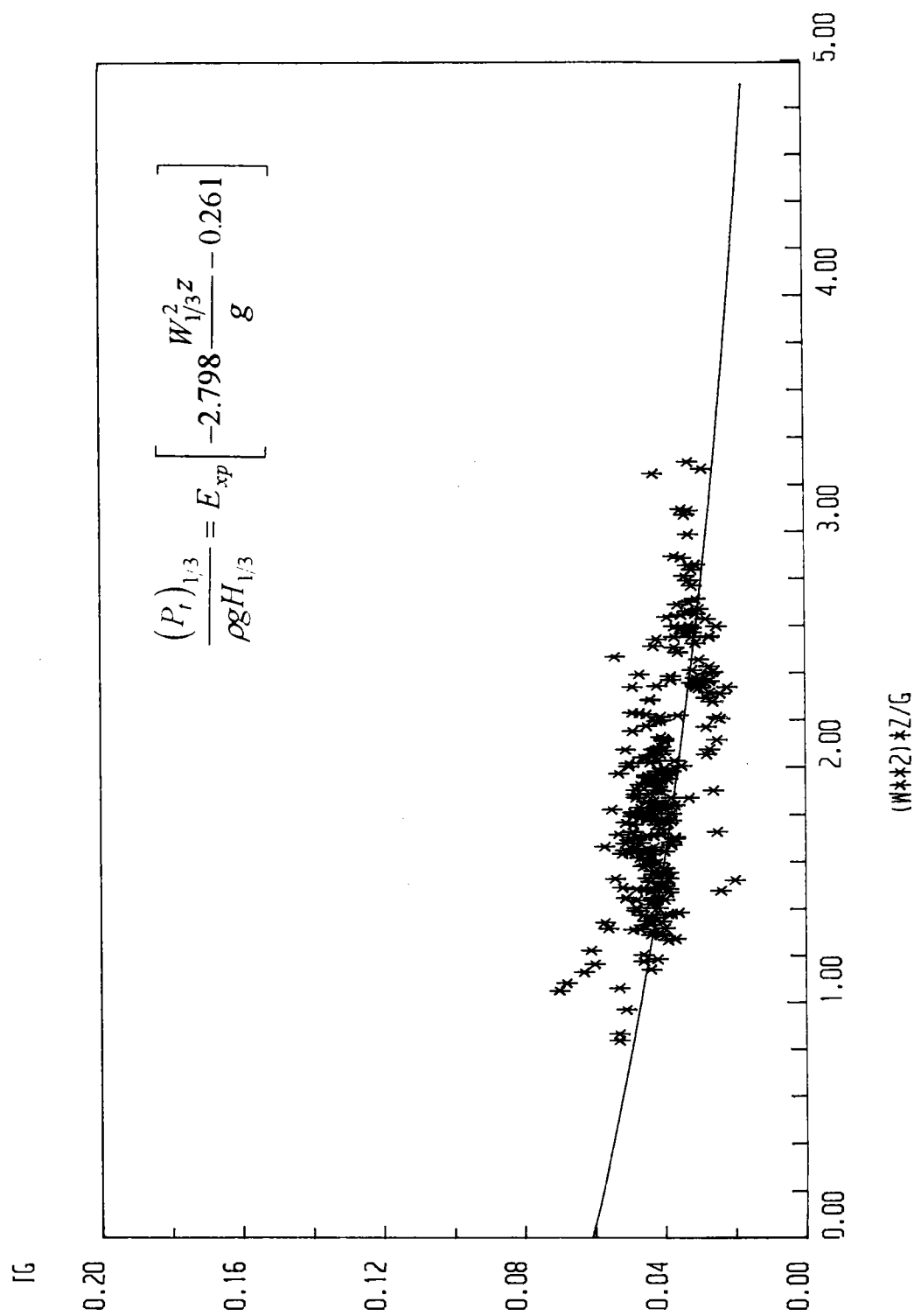


圖 4-8 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(示性波波谷)

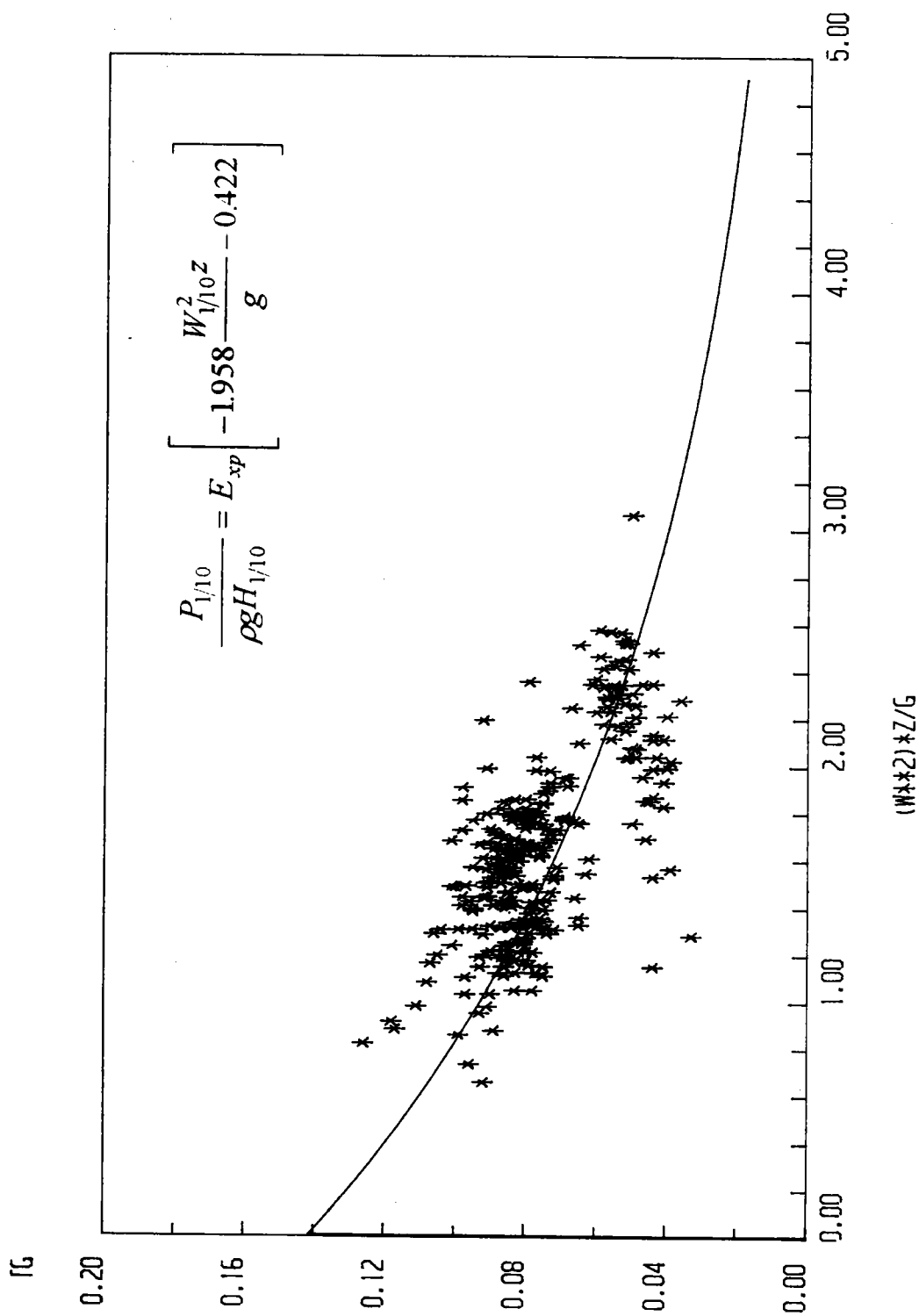


圖 4-9 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(十分之一波)

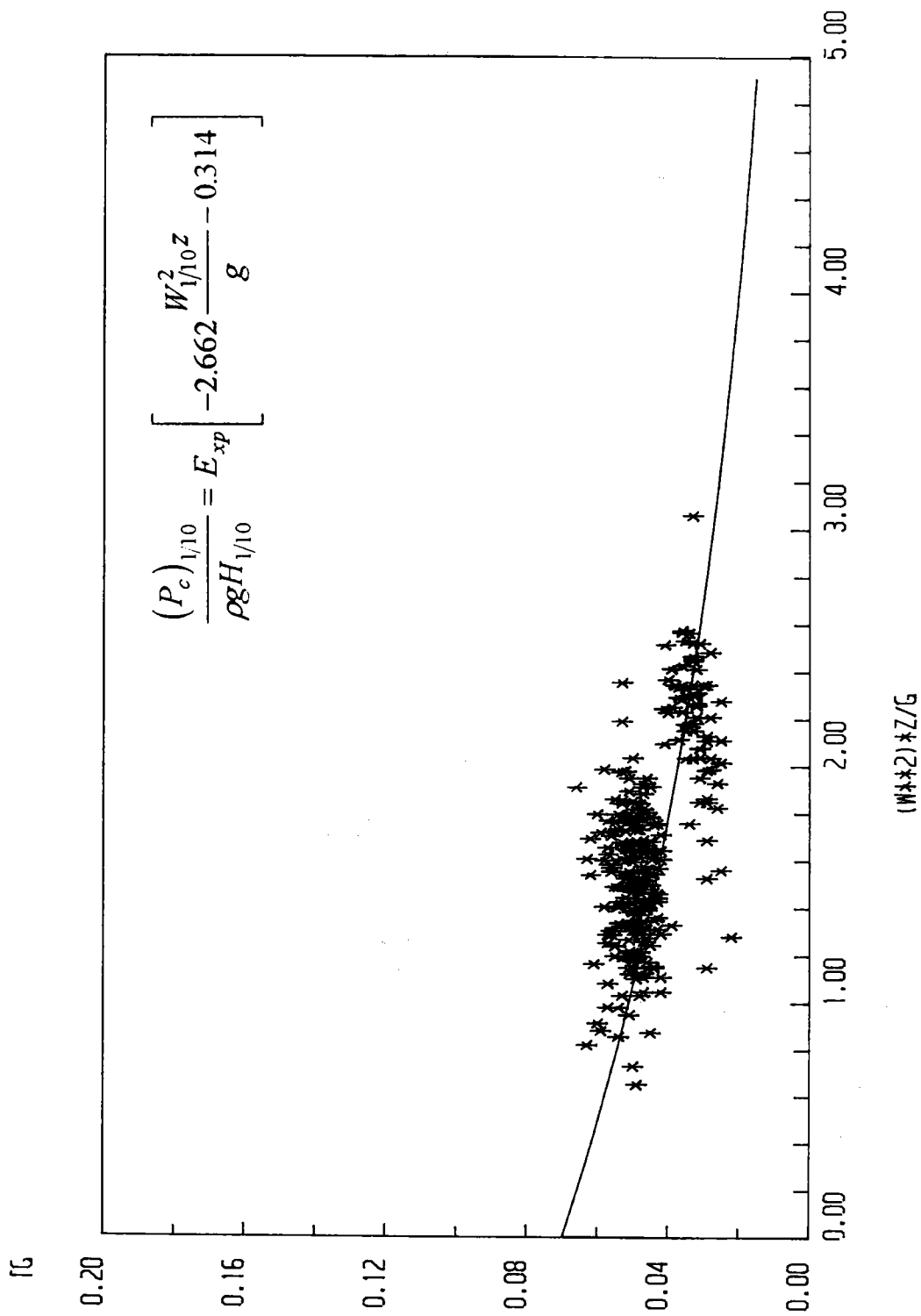


圖 4-10 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(十分之一波峰)

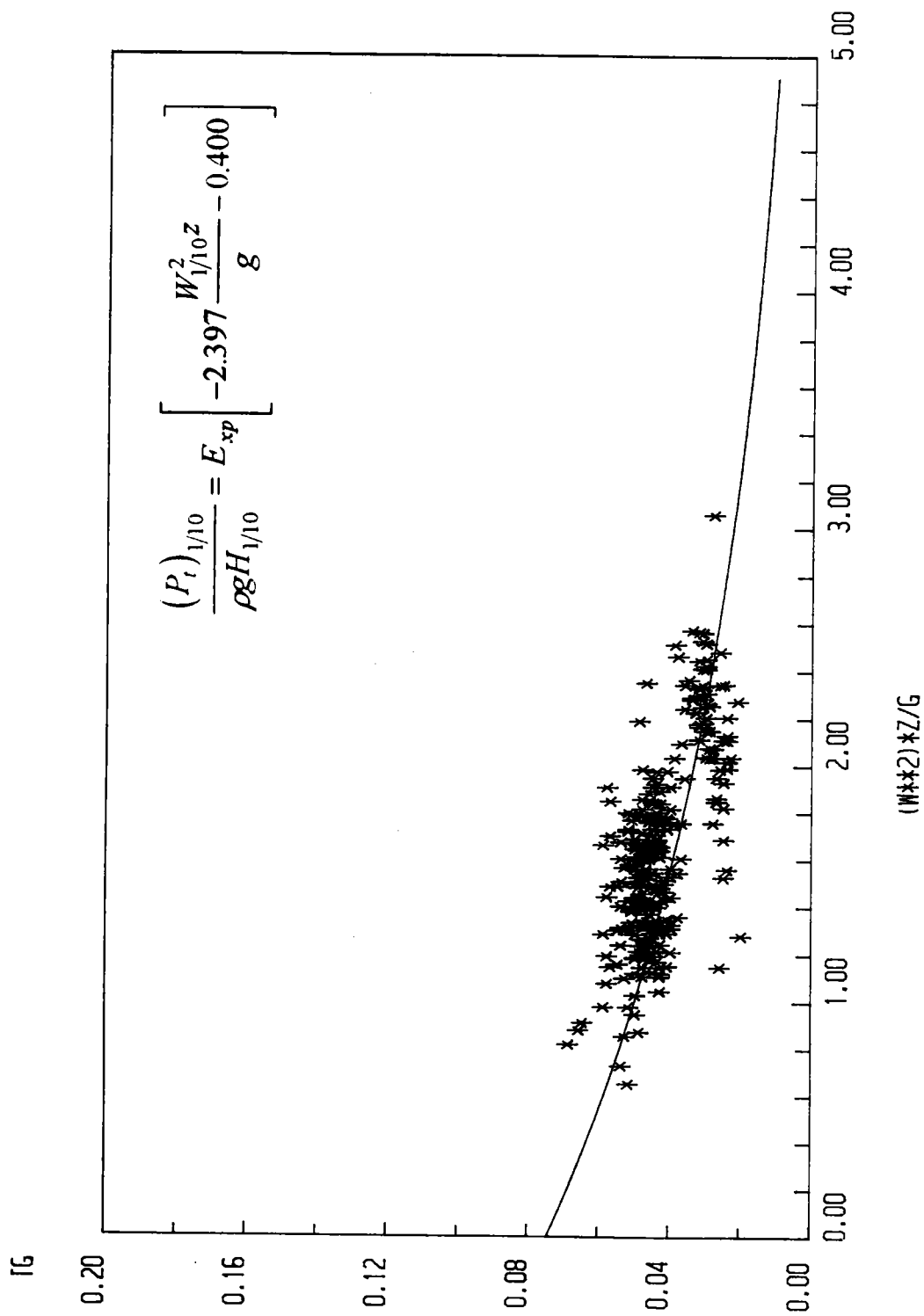


圖 4-11 TG 與 $\omega^2 z/g$ 之關係比較圖(十分之一波谷)

表 4-1 孔隙水壓統計表

CASE NAME :T7012810

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
15.3	3.5	29.6	5.5	51.3	7.7	47.2	3.2	1
8.7	1.6	12.4	2.1	15.4	2.7	18.8	2.0	2
124.7	6.4	191.0	7.1	252.7	7.3	319.2	6.7	3
79.2	6.8	121.6	7.6	156.8	7.8	178.6	6.7	4
108.5	6.8	168.5	7.6	222.1	7.8	278.2	6.8	5
49.2	5.6	80.3	7.7	104.6	8.6	108.5	9.2	6
13.2	2.5	20.2	4.6	26.0	6.2	32.4	8.4	7
13.0	3.6	21.2	6.3	29.8	9.3	36.1	9.3	8
14.4	1.9	20.4	2.9	27.0	4.6	36.9	7.2	9
11.6	1.3	16.0	1.5	19.1	1.6	21.5	2.3	10

CASE NAME :T7012811

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
14.6	2.0	28.5	2.9	45.4	3.0	49.3	1.1	1
8.3	1.5	11.6	1.8	14.3	2.2	16.9	2.7	2
141.4	6.6	212.8	6.9	268.1	7.1	318.6	6.2	3
87.5	7.2	130.1	7.4	164.6	8.2	196.3	6.7	4
122.7	7.2	182.4	7.3	232.9	7.9	274.0	7.4	5
50.9	5.9	79.3	7.7	97.7	8.7	106.0	7.0	6
13.1	2.5	20.5	4.4	28.1	6.8	34.7	7.2	7
12.0	3.4	20.0	6.4	28.7	9.9	31.8	8.5	8
13.3	1.9	19.6	3.1	26.9	5.3	37.8	4.6	9
11.4	1.3	15.2	1.5	18.1	1.7	24.5	3.6	10

CASE NAME :T7012812

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
16.7	3.0	33.7	5.7	65.1	8.7	84.4	13.1	1
8.8	1.5	12.3	1.9	15.2	2.3	17.5	3.2	2
121.8	6.4	183.7	7.2	236.7	7.3	322.2	7.2	3
77.3	7.1	114.7	8.1	144.7	8.5	196.2	7.7	4
106.3	7.0	161.0	7.6	210.8	7.9	276.5	7.4	5
41.0	4.8	68.2	7.5	87.0	8.4	106.0	8.4	6
11.8	2.1	18.2	3.6	25.6	5.7	33.7	7.4	7
11.6	3.3	19.8	6.8	30.4	10.7	36.1	8.8	8
13.9	1.9	19.7	3.0	25.6	4.5	39.9	10.1	9
12.0	1.2	16.2	1.5	19.4	1.5	23.5	1.3	10

CASE NAME :T7012813

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
11.3	2.1	21.7	3.6	32.5	4.3	48.7	9.4	1
8.7	1.5	12.2	1.9	15.0	2.3	17.9	3.5	2
132.9	6.1	201.1	6.7	264.8	7.1	322.4	7.1	3
81.6	7.1	121.5	7.6	159.8	7.7	210.1	7.6	4
112.5	7.0	167.5	7.5	218.7	7.7	267.6	7.0	5
54.7	6.4	79.4	7.8	104.2	8.4	112.7	7.2	6
12.1	2.2	18.8	3.5	26.9	6.0	38.7	7.5	7
11.8	3.4	20.0	6.6	27.3	9.3	34.3	10.2	8
12.6	1.8	19.0	3.0	24.7	4.7	28.8	5.4	9
11.1	1.2	15.2	1.5	18.6	1.7	20.5	1.0	10

表 4-2 孔隙水壓統計表

CASE NAME :T7012921

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
28.4	5.4	51.6	8.0	87.2	9.6	102.1	8.5	1
76.3	5.4	123.3	6.5	165.4	6.7	214.8	6.4	2
123.9	6.3	190.3	7.1	251.9	7.2	321.9	6.9	3
77.9	7.2	118.8	8.1	156.9	8.1	203.5	7.4	4
109.3	7.2	166.8	7.9	223.8	8.1	303.2	7.4	5
43.8	5.6	73.8	8.1	99.3	8.6	127.6	8.1	6
14.0	2.6	22.7	4.7	33.9	6.2	49.1	1.5	7
13.2	3.9	23.1	7.4	34.5	10.0	42.2	7.9	8
14.8	2.2	22.2	3.9	31.8	5.8	35.8	4.1	9
11.9	1.3	16.2	1.5	20.2	1.5	29.6	1.0	10

CASE NAME :T7012922

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
37.7	8.0	64.3	13.5	113.9	26.5	118.1	31.6	1
69.9	5.0	110.4	6.3	152.0	7.0	176.1	6.2	2
123.3	6.1	191.2	7.0	252.4	6.9	301.9	5.5	3
79.0	7.2	117.1	8.0	151.9	8.1	190.6	8.0	4
109.1	7.2	163.4	8.0	213.5	7.7	259.9	8.1	5
43.0	5.5	69.3	7.7	89.3	8.1	112.2	8.5	6
12.5	2.4	19.1	4.1	26.4	6.3	36.7	7.9	7
11.6	3.3	18.8	6.0	25.3	8.4	29.6	9.2	8
13.8	1.9	19.9	2.8	24.9	3.8	26.5	2.3	9
10.9	1.3	15.2	1.5	17.7	1.7	20.5	1.6	10

CASE NAME :T7012923

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
34.8	6.2	61.3	8.0	97.6	10.3	110.3	12.7	1
66.8	5.4	105.2	6.2	144.4	6.8	175.4	4.4	2
130.7	5.8	199.4	6.8	248.0	7.2	326.1	7.3	3
78.8	6.9	120.0	8.1	155.8	8.3	210.3	7.9	4
109.3	6.8	167.5	7.7	213.0	8.2	273.2	7.8	5
45.0	5.2	75.4	8.0	97.1	8.8	115.1	8.1	6
12.2	2.4	19.2	4.4	27.9	6.6	37.7	8.3	7
14.5	4.4	25.0	8.5	34.5	10.5	34.9	9.5	8
14.1	2.1	21.4	3.5	29.2	5.3	38.8	8.1	9
11.1	1.3	15.1	1.5	18.1	1.6	21.5	1.0	10

CASE NAME :T7012924

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
25.5	22.5	35.9	37.4	52.8	88.1	36.0	****	1
19.3	2.2	42.6	3.0	72.3	3.1	88.3	3.5	2
119.3	6.2	179.6	6.9	228.0	7.2	260.3	6.4	3
72.5	7.0	106.9	7.5	131.0	7.8	159.0	7.4	4
102.9	7.0	155.3	7.4	194.9	7.6	225.2	8.3	5
42.0	5.4	66.7	7.6	80.9	8.3	97.3	7.9	6
11.7	2.1	17.9	3.4	24.5	5.1	30.7	2.2	7
10.6	3.1	16.6	5.5	23.8	8.6	27.8	10.0	8
12.4	1.7	18.0	2.4	22.8	3.3	29.5	5.0	9
11.5	1.3	15.5	1.4	18.3	1.5	22.5	1.0	10

表 4-3 孔隙水壓統計表

CASE NAME :T7013002

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
26.1	6.6	44.3	10.9	67.9	10.5	59.7	4.6	1
8.3	1.6	14.9	2.1	29.5	2.4	59.8	2.6	2
148.4	5.5	241.5	6.4	325.6	6.4	392.6	6.8	3
87.1	6.7	135.5	7.2	178.4	7.4	223.0	7.3	4
124.7	6.5	198.5	7.0	263.2	7.1	309.4	7.2	5
55.0	6.7	84.9	9.5	112.3	11.4	141.5	7.6	6
13.5	2.5	22.0	4.6	30.5	6.9	32.7	7.2	7
12.5	3.5	20.8	6.7	31.3	10.0	34.9	8.7	8
13.3	1.8	19.2	2.7	24.1	3.5	29.8	5.7	9
11.3	1.3	15.6	1.5	19.0	1.6	32.9	1.3	10

CASE NAME :T7013003

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
25.2	7.0	44.7	11.5	66.8	15.0	57.7	8.9	1
6.7	1.4	10.4	1.7	16.6	2.3	56.5	7.4	2
144.8	5.9	215.6	6.3	276.8	6.8	390.7	5.9	3
81.8	6.8	122.7	7.5	161.2	7.7	191.4	6.4	4
115.2	6.7	175.3	7.3	225.8	7.7	293.0	6.2	5
48.1	5.5	78.1	7.6	99.8	8.8	116.4	7.4	6
13.1	2.6	20.5	4.5	27.6	7.0	33.7	7.2	7
12.9	3.6	21.5	6.7	30.4	9.3	39.9	10.2	8
13.0	1.8	18.4	2.8	23.3	4.0	24.8	4.3	9
11.2	1.3	15.1	1.5	18.5	1.9	20.5	2.1	10

CASE NAME :T7013004

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
35.7	7.5	60.4	10.8	92.9	11.0	104.4	7.6	1
7.2	1.4	11.5	1.9	20.2	3.1	71.6	10.3	2
148.8	6.1	230.0	6.7	291.9	7.1	365.2	5.3	3
85.6	6.9	128.0	7.5	161.9	8.0	196.8	6.6	4
121.7	6.8	186.4	7.4	233.5	7.6	288.0	6.6	5
53.4	6.2	78.3	7.6	96.4	8.4	107.3	6.8	6
13.6	2.6	22.0	4.8	30.8	7.3	33.4	6.6	7
14.7	4.3	23.6	7.9	31.9	10.3	31.4	9.2	8
13.4	1.8	20.0	2.8	27.2	4.2	36.8	9.5	9
11.8	1.3	15.4	1.5	18.5	1.8	20.5	2.9	10

CASE NAME :T7013005

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
31.7	7.8	48.9	11.4	64.0	15.6	54.0	13.4	1
7.2	1.5	12.1	2.2	21.5	3.7	48.6	2.4	2
140.1	5.8	210.0	6.7	266.2	6.5	357.9	7.4	3
82.2	6.9	122.1	7.7	150.4	7.6	204.7	7.5	4
110.4	6.4	168.3	7.5	210.4	7.1	307.6	7.2	5
48.7	5.6	75.3	7.7	91.6	8.4	115.2	7.9	6
12.8	2.2	18.4	3.7	24.4	5.5	27.4	4.3	7
13.0	4.0	21.8	7.5	30.8	10.2	34.4	10.9	8
14.2	1.9	20.6	3.2	27.4	5.0	33.5	4.4	9
11.6	1.3	15.4	1.5	18.5	1.7	20.5	1.4	10

表 4-4 孔隙水壓統計表

CASE NAME :T7013105

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
28.1	5.0	58.5	10.5	115.9	17.2	116.5	6.7	1
17.6	2.0	40.8	3.2	94.9	3.1	147.1	4.9	2
169.7	6.3	267.0	6.9	367.5	7.1	499.7	6.3	3
101.7	6.9	161.2	7.6	222.1	7.9	277.9	6.6	4
144.7	6.9	228.1	7.4	314.9	7.7	408.5	6.5	5
60.8	5.9	96.0	7.4	130.0	8.2	144.2	6.7	6
16.0	3.0	26.0	5.4	38.7	7.2	44.8	6.7	7
15.6	4.3	27.1	7.7	37.6	9.1	40.9	8.2	8
14.6	1.9	20.7	2.8	27.3	4.1	30.8	4.1	9
12.4	1.3	16.5	1.6	20.6	1.9	36.6	1.6	10

CASE NAME :T7013106

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
34.6	7.7	58.7	10.4	97.9	13.8	88.0	22.6	1
13.1	2.0	27.8	3.1	60.0	3.6	112.6	2.4	2
147.7	6.3	231.3	7.2	294.0	7.4	320.1	6.9	3
92.4	7.3	138.4	8.0	178.5	8.2	203.6	7.9	4
132.0	7.2	201.3	7.7	261.6	7.9	289.7	7.8	5
61.2	6.9	92.0	8.4	114.9	9.6	125.2	8.3	6
15.2	2.9	23.3	5.2	31.4	7.6	33.7	8.1	7
15.9	4.7	26.8	8.2	35.1	9.8	37.9	9.2	8
14.5	2.2	22.1	3.9	29.6	5.8	31.8	6.0	9
11.2	1.3	14.9	1.5	18.3	1.9	21.5	1.3	10

CASE NAME :T7013107

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
30.2	7.3	56.6	14.1	85.8	16.9	90.8	11.7	1
53.4	6.9	95.1	8.3	141.3	12.2	133.8	6.2	2
146.3	6.2	239.7	7.1	304.4	7.3	316.2	6.7	3
90.8	6.8	146.1	7.4	186.3	7.9	210.8	7.3	4
128.9	6.8	211.9	7.3	271.1	7.7	281.0	7.2	5
56.8	6.1	88.6	7.8	110.0	8.4	116.4	7.7	6
13.3	2.4	21.6	4.5	30.7	6.9	37.8	7.5	7
14.0	3.9	23.9	7.3	35.2	9.7	39.1	9.9	8
14.5	2.0	21.6	3.5	29.3	5.6	34.9	8.0	9
11.6	1.3	15.5	1.5	18.6	1.8	19.5	1.7	10

CASE NAME :T7013108

P(a)	T(a)	P31	T31	P10	T10	P(m)	T(m)	CH.
36.3	7.4	64.4	11.7	107.1	12.6	100.2	16.0	1
63.2	8.1	103.6	8.6	142.6	7.8	166.2	6.2	2
144.1	6.7	220.4	7.2	280.7	7.4	343.4	7.2	3
90.1	7.3	139.9	7.7	182.3	7.9	208.1	7.6	4
126.8	7.2	193.4	7.6	245.9	7.8	300.5	7.4	5
55.9	6.1	88.7	8.1	112.2	8.2	117.7	7.9	6
14.3	2.9	22.3	5.4	29.7	6.4	34.4	6.9	7
14.0	4.1	23.7	7.4	34.6	10.2	36.7	9.7	8
14.4	2.0	21.2	3.3	29.1	5.2	35.9	10.0	9
11.5	1.3	15.6	1.5	19.3	1.8	22.5	1.4	10

第五章 地震觀測系統

5-1 儀器裝設

(一)埋入型地震計

1. 鑽機位置：

位置選定後，鑽機與地面成水平放置，見圖(5-1)。

2. 鑽孔：

鑽機設置後以三角架組立方式來鑽孔，鑽孔至岩盤下 1M，套管孔徑是 $\phi 100\text{mm}$ ，鑽孔的孔徑是 $\phi 86 \sim \phi 90$ ，地震計三軸向是 $\phi 80 \times 489\text{mm}$ ，其安裝方向參照圖(2-3)。

3. 地震計埋設步驟：

- ①地震計在埋設前要先做安裝的測試檢查，以便確認地震計是否正常。
 - ②鑽孔至埋設地震計的深度。
 - ③地震計接上不銹鋼索。
 - ④地震計依所定的深度連接延長電纜線。
 - ⑤地震計上方插入連桿(Rod)，連桿 1 支 2 米或 3 米。
 - ⑥把地震計裝入套管內，手捉住不銹鋼索慢慢的放下，而 Rod 1 支 1 支的接上，一直放到裝設的位置。
 - ⑦調整地震計的方向，利用連桿在上方的標誌，調整方向。
 - ⑧調整地震計的垂直度。
 - ⑨在最下端 1 公尺以下，以小石頭及細砂慢慢的放入，使地震計固定。
 - ⑩地震計固定後，再次檢查及測試。
- 11 把 Rod 1 支 1 支拔出，至全部 Rod 拔出為止。

12 再把孔內全部填入細砂至地面上。

13 安裝示意圖見圖(5-2)。

4. 地震計埋設完成後，電纜線穿入 PVC 管埋入地下，延長接到控制室。

5. 地面上需設保護措施。

6. 若要考慮將來地震計的維修保養，孔內可加設塑膠管。

(二) 表面型地震計

1. 表面型地震計主要是裝設在結構物及地表面上的感應器。

2. 地震計設置的方向：

(a) 水平單軸向—和被測的結構物平行的方向

(b) 水平雙軸向—和水平單軸向成 90° 直角放置

(c) 三軸向—為水平 2 方向、垂直 1 方向，垂直為被測體上下的方向。實際的裝設方向參照圖(2-3)所標示之方向。

3. 把感應器固定鎖在平面鐵板基座，平面基座四邊有螺絲固定孔。

4. 先確定方向然後再把基座直接用螺絲固定在地面上或被測位置點上。

5. 感應器固定後連接電纜線，電纜線依已設之管路接線一直到觀測室。

6. 地震計鎖定後，上方以不銹鋼蓋加以保護。

7. 基座和平台一定要很平坦，且要堅固。

8. 安裝示意圖見圖(5-3)。

5-2 儀器調整、測試

(一)SA 型地震計

SA 型地震計在安裝前、安裝後主要檢查的項目有①內部線圈電阻值量測②絕緣電阻量測③線圈導通檢查④垂直度檢查。地表型或是埋入型地震計在未接延長電纜線前，都要實施前4項之檢查工作。電纜線延長至觀測房後，再一次量測①②項即可。其構造如圖 5-4 所示。

(1)內部線圈電阻值量測：判斷線圈是否斷線，檢驗線圈及電纜線之品質。

(a)三軸向有 9 組線圈每一軸各有 3 組線圈，分別為檢知線圈、控制線圈、測試線圈。

(b)利用數字電阻表量測各組線圈，並記錄。

(c)量測時，必需和放大器分離成斷路狀態。

(d)各線圈電阻值可參考檢查記錄表(原廠提供)，一般標準值如下

檢知線圈： $1800\ \Omega \pm 20\%$

控制線圈： $180\ \Omega \pm 20\%$ —水平軸(X、Y 軸)

$250\ \Omega \pm 20\%$ —垂直軸(Z 軸)

測試線圈： $500\ \Omega \pm 20\%$ —水平軸

$600\ \Omega \pm 20\%$ —垂直軸

①依圖(5-5)接線圖接上記錄器，在檢測線圈(CT)端以 3 號電池碰一下線端子。此時記錄器會劃出如圖 7.1 之波形。

②利用記錄器劃出的波形來判斷地震計是否有垂直或傾斜。

③地震計安裝垂直度良好時，圖形如圖 5-6 和圖 5-7，垂直度不良時，形如圖 5-8 和圖 5-9。

④地震計輸出波形不良時，再利用連桿(ROD)，輕輕的移動地震計，使地震計垂直(此項動作必須在 ROD 未拔出前)。

(2)絕緣電阻值量測：確認絕緣效果是否良好，確保信號傳輸品質。

(a)將地震計輸入端和放大器成斷路狀態。

(b)三軸向共有 18 蕊線若是直接從放大器拔出輸入接頭(Connector)，則 1 條電纜線為 1CH。

(c)利用數位電阻表量測各單蕊(1 條)和隔離線間之電阻值，所量測之絕緣電阻值記錄在表格中。

(d)一般絕緣電阻值在 $20\text{M } \Omega$ 以上是最佳狀況，若電阻值在 500K 以下表示絕緣不良，必需要更換電纜線或是檢查中間接線端處理不佳，必需重新接線做好防水處理。若中間無接線端，也可能是電纜線有被擠壓變形的情形。

(3)線圈導通檢查

本次檢查主要目的是判定內部線圈有無斷路(斷線)，線圈斷路時，地震計為不良品，不能使用。

利用三用電錶電阻檔量測，量測值在 $\text{M } \Omega$ 以上或無限大即表示斷路。

(4)垂直度檢查

地震計安裝完成後，為了確認地震計之垂直度及動作情形，本項檢查動作主要是針對現地施工時一般性的檢查。

①依圖(5-5)接線圖接上記錄器，在檢測線圈(CT)端以 3 號電池碰一下線端子。此時記錄器會劃出如圖 7.1 之波形。

②利用記錄器劃出的波形來判斷地震計是否有垂直或傾斜。

③地震計安裝垂直度良好時，圖形如圖 5.6 和圖 5.7，垂直度不良時，圖形如圖 5.8 和圖 5.9。

- ④地震計輸出波形不良時，再利用連桿(ROD)，輕輕的移動地震計，使地震計垂直(此項動作必須在 ROD 未拔出前)。

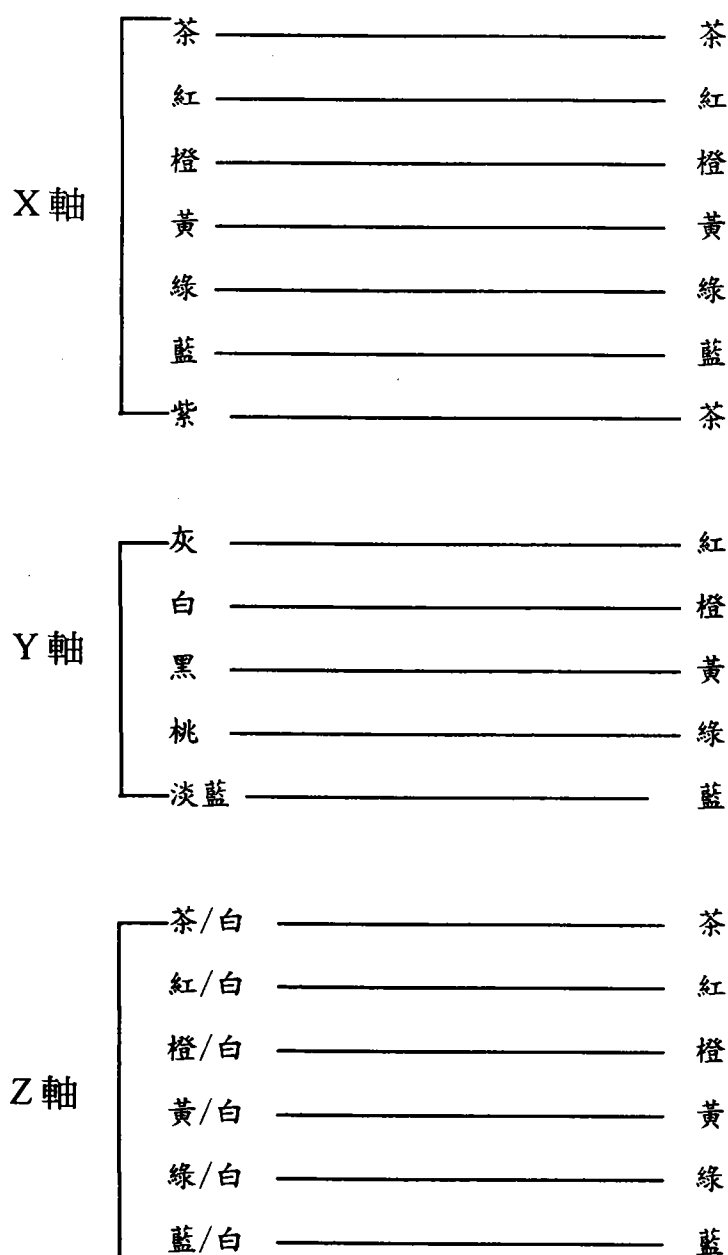
(二)地震計放大器動作確認檢查

- (1)地震計必須和放大器連線做測試，利用放大器之校正信號輸入至地震計的測試線圈，強迫地震計動作，使其輸出信號。
- (2)將放大器之校正信號調至 $1000\text{gal} = 10\text{V}^{\text{p-p}}$ ，CAL SW 置 ON 放大器 Output 端接上數位式示波器或數位三用電表。利用 CH CAL ON 控制每一頻道 CAL 信號之 ON/OFF，此時記錄每一 channel 之輸出電壓值，是否在 $10\text{V}^{\text{p-p}}$ 。
- (3)量測結果都符合上面之動作情形時，表示地震計和放大器都正常。

(三)放大器之調整測試

(1)SENSOR 與放大器之連接

❶ SENSOR 與放大器間接線圖如圖(5-10)



圖(5-10)地震計與放大器間之接線圖

5-3 地震量測訊號

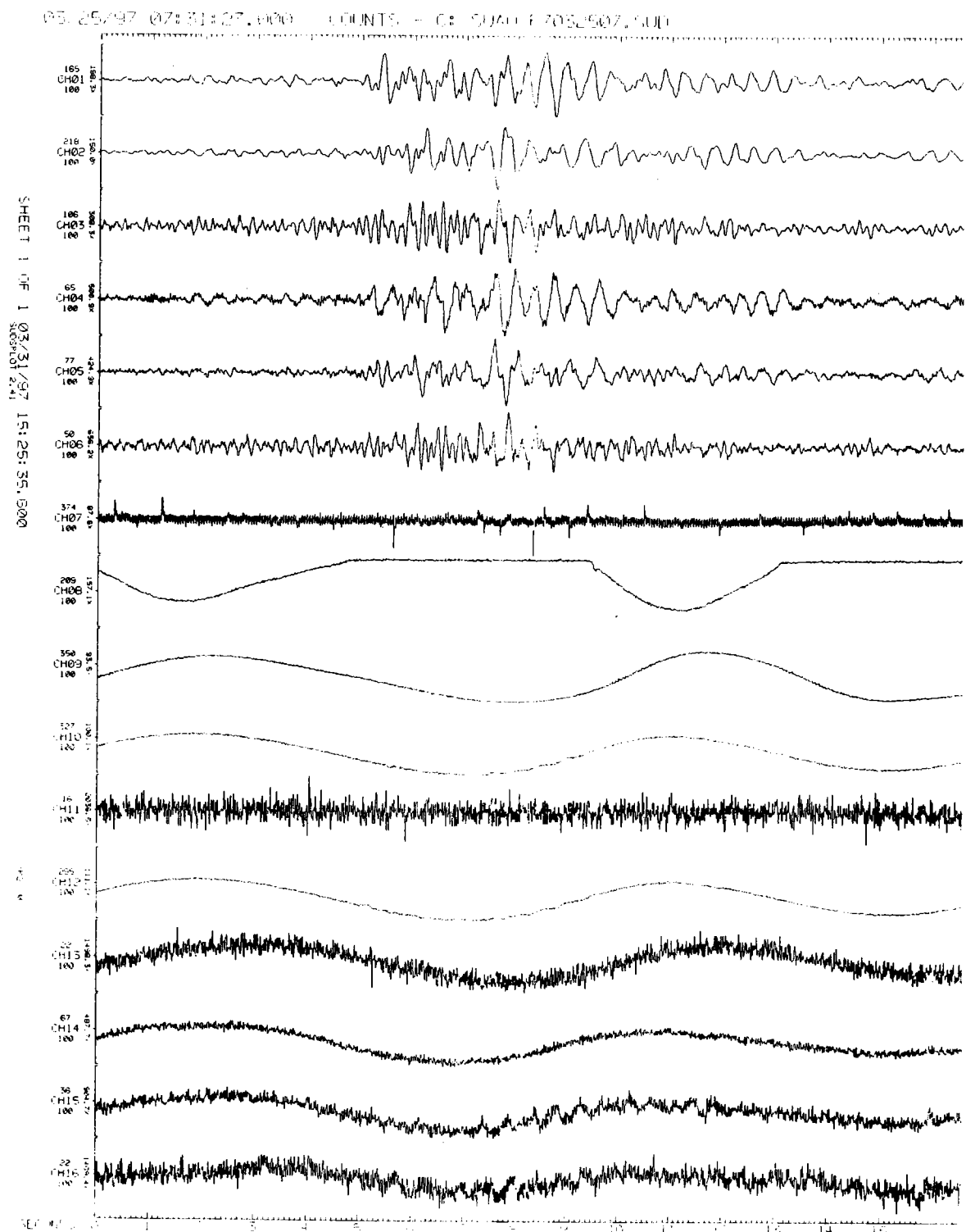
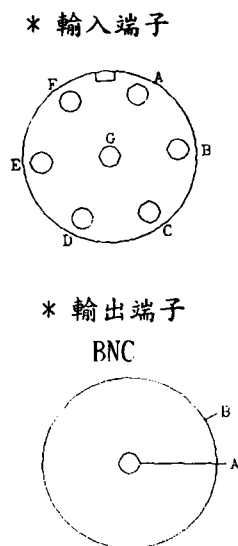


圖 5-11 地震時各物理量之歷時圖

(2) Connector 的接線及功能



地震計之 Connector 功能表

功能	電纜顏色	接點 pin
檢 知	茶	A
	紅	B
控 制	橙	C
	黃	D
測 試	綠	E
	藍	F
外殼	隔離線	G

(3) PCS-1025 放大器之調整

放大器依圖所示連接各端子線，輸入端(Input)接上地震計，輸出端(Output)接上記錄器或是示波器。

- ❶ 電源開關打開(ON)。
- ❷ 把開關往上撥至 CAL 位置。CAL 開關為 ON。調整示波器或筆式記錄器的感度為 1V/DIV 的位置。旋鈕轉至從零開始，慢慢地增大。當旋鈕刻度在“1.00”時，表示 CAL 值輸出是 100gal，在示波器會出現 1V(10Hz)的正弦波形。此時地震計在正常動作中。
- ❸ 上項測試完成後，把切換開關撥至“MEAS”位置，CAL 開關亦撥至 OFF。
- ❹ 以上步驟必需是個別 channel 操作，如有 6 channel 就必需操作 6 次。
- ❺ 校正值設定選擇鈕之旋鈕刻度是 0 ~ 1000gal 止為可任意改變。此值是峰對峰值(p-p 值)。

表(5-1) 表面型絕緣電阻測定

項 次	測 點	線 顏 色	絕緣電阻值
1.	A	茶	200M Ω 以上
2.	B	紅	200M Ω 以上
3.	C	橙	200M Ω 以上
4.	D	黃	200M Ω 以上
5.	E	綠	200M Ω 以上
6.	F	藍	200M Ω 以上
7.	A	紫	200M Ω 以上
8.	B	灰	200M Ω 以上
9.	C	白	200M Ω 以上
10.	D	黑	200M Ω 以上
11.	E	桃	200M Ω 以上
12.	F	天藍	200M Ω 以上
13.	A	茶/白	200M Ω 以上
14.	B	紅/白	200M Ω 以上
15.	C	橙/白	200M Ω 以上
16.	D	黃/鉑	200M Ω 以上
17.	E	綠/白	200M Ω 以上
18.	F	藍/白	200M Ω 以上

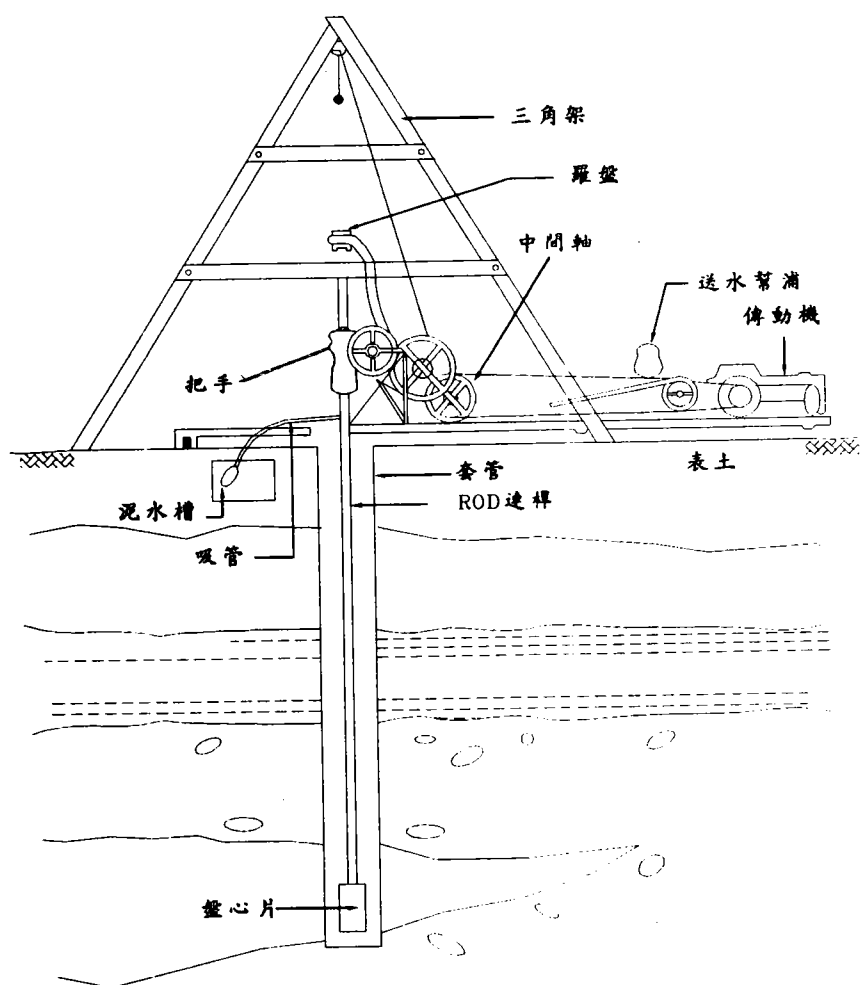


圖 5-1 旋轉式鑽機示意圖

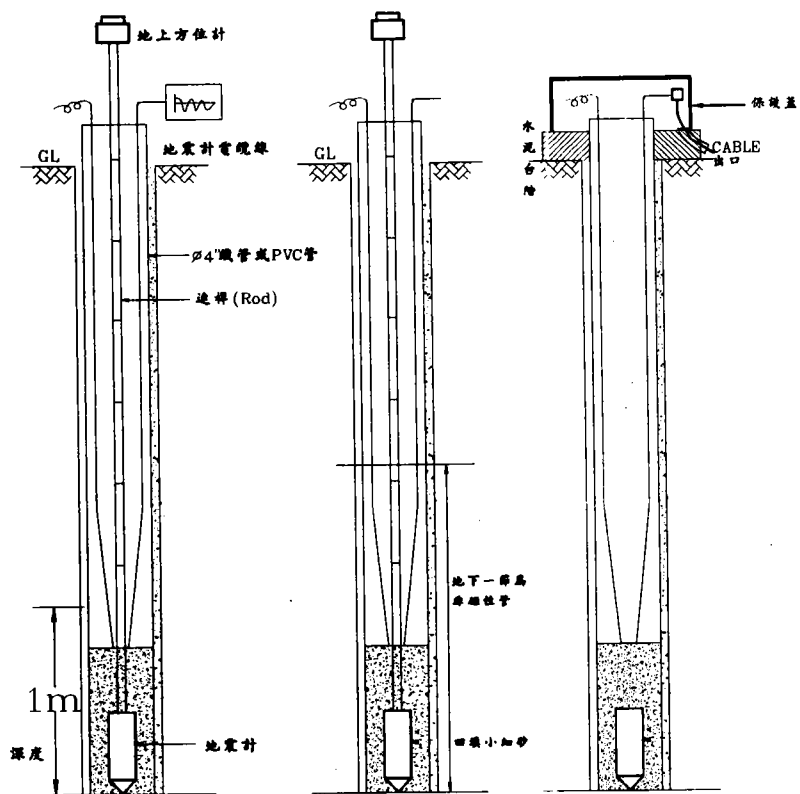
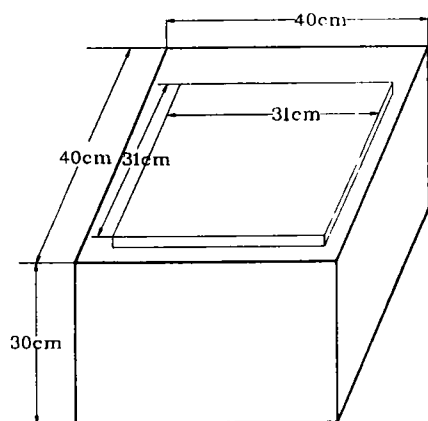


圖 5-2 地震計埋設按裝圖



混凝土台階

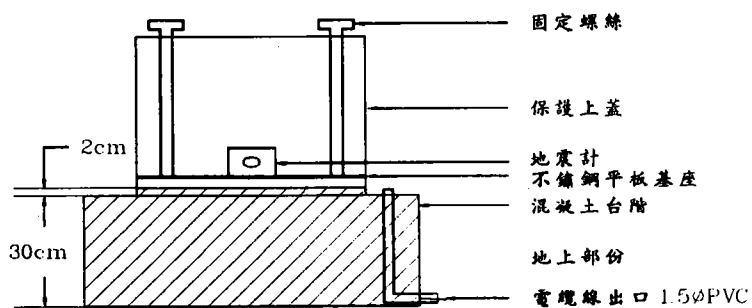


圖 5-3 表面型地震計安裝斷面圖

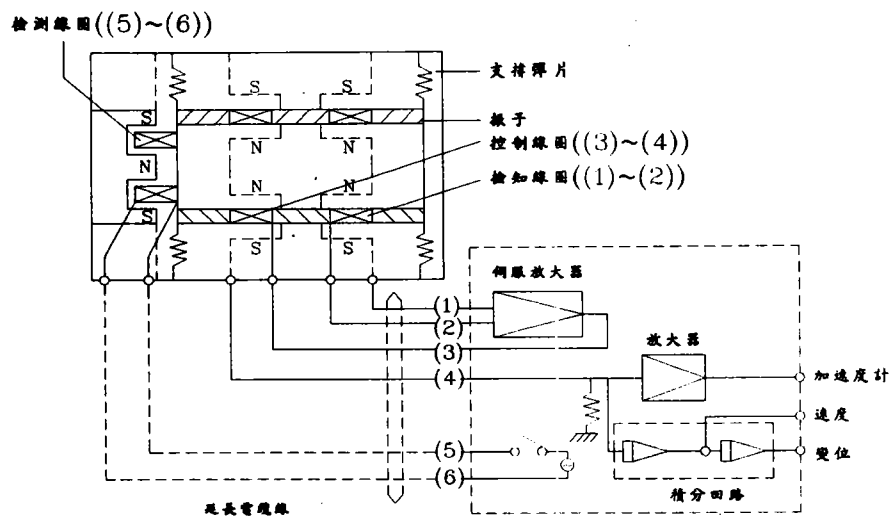


圖 5-4 SA 型地震計構造圖

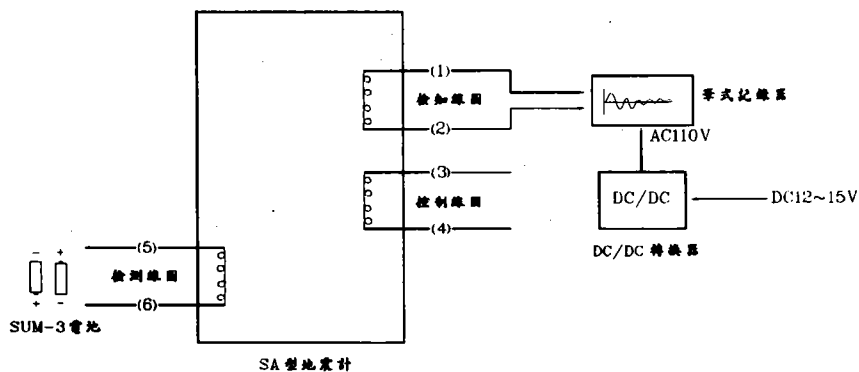


圖 5-5 SA 型地震計接線圖

- ①依圖(5-5)接線圖接上記錄器，在檢測線圈(CT)端以 3 號電池碰一下線端子。此時記錄器會劃出如圖 7.1 之波形。
- ②利用記錄器劃出的波形來判斷地震計是否有垂直或傾斜。
- ③地震計安裝垂直度良好時，圖形如圖 5-6 和圖 5-7，垂直度不良時，形如圖 5-8 和圖 5-9。
- ④地震計輸出波形不良時，再利用連桿(ROD)，輕輕的移動地震計，使地震計垂直(此項動作必須在 ROD 未拔出前)。

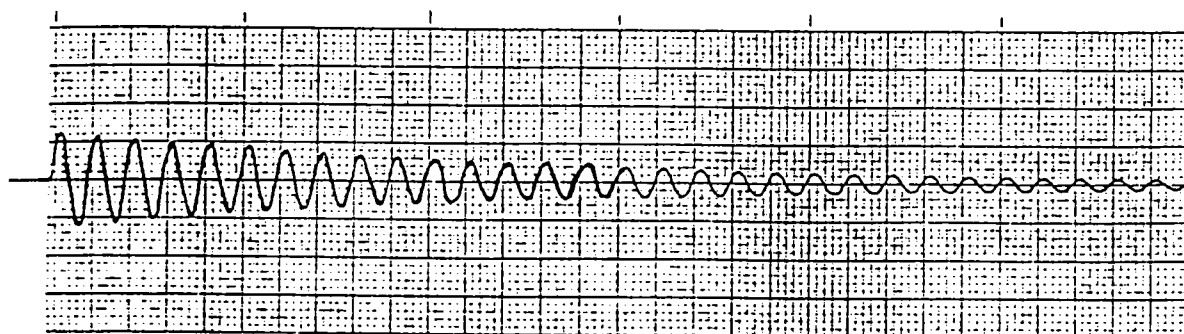


圖 5-6 X 或 Y 輸出波形(地震計安裝垂直)

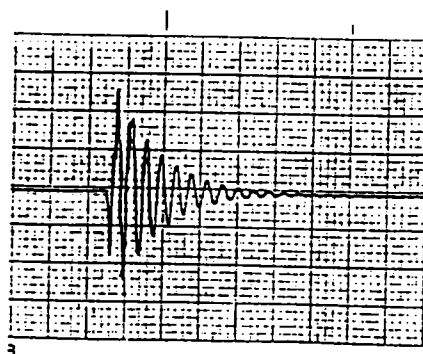


圖 5-7 Z 軸輸出波形

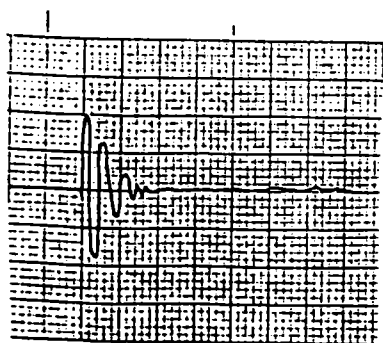


圖 5-8 地震計傾斜輸出波形

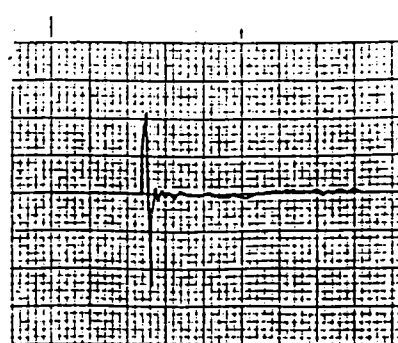
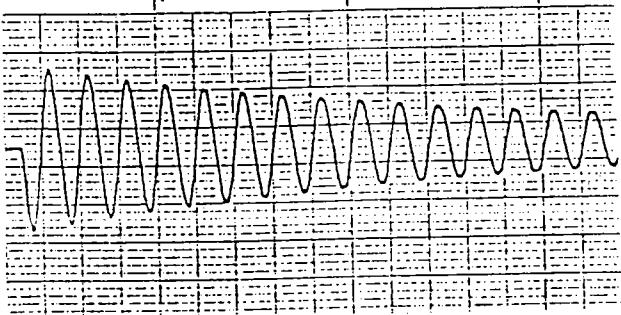
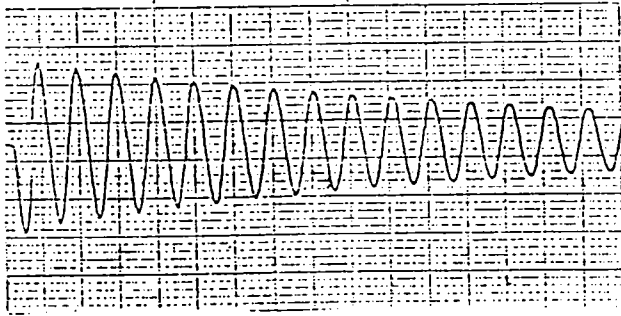
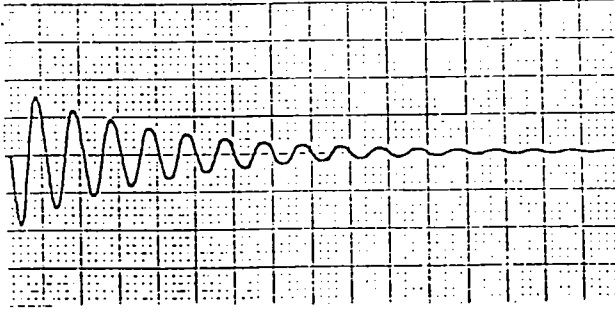


圖 5-9 地震計傾斜輸出波形

表(5-1) 表面型絕緣電阻測定

項 次	測 點	線 顏 色	絕緣電阻值
1.	A	茶	200M Ω 以上
2.	B	紅	200M Ω 以上
3.	C	橙	200M Ω 以上
4.	D	黃	200M Ω 以上
5.	E	綠	200M Ω 以上
6.	F	藍	200M Ω 以上
7.	A	紫	200M Ω 以上
8.	B	灰	200M Ω 以上
9.	C	白	200M Ω 以上
10.	D	黑	200M Ω 以上
11.	E	桃	200M Ω 以上
12.	F	天藍	200M Ω 以上
13.	A	茶/白	200M Ω 以上
14.	B	紅/白	200M Ω 以上
15.	C	橙/白	200M Ω 以上
16.	D	黃/鉑	200M Ω 以上
17.	E	綠/白	200M Ω 以上
18.	F	藍/白	200M Ω 以上

表(5-2) 埋入型地震計安裝垂直檢驗測定

項次	方向軸	輸出波形
1.	X	
2.	Y	
3.	Z	

第六章 地質鑽探

6-1 地質鑽探及土壤特性試驗

本研究地質鑽探係配合裝設孔隙水壓計及地震計，因此鑽孔位置設在防波堤處，直接在防波堤上鑽孔，以確知防波堤下之地質狀態及其土壤物性，以供未來對地震特性及防波堤基礎穩定分析時使用，各孔之鑽探記錄及試驗報告詳列如后：

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱: 宜蘭蘇澳港		孔位標高:		鑽孔時間:		單位重 γ_t		孔隙比 e		比重		承载力 Q_a		岩心取樣 RQD		
樣號 NO.	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分類	顆粒分析			含水量 $w\%$	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重 γ_t	孔隙比 e	比重	
						礫石	砂	粉土 黏土								
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱: 宜蘭蘇澳港		孔位標高:		孔號: 水壓計(港內)地下水位:				鑽孔時間:										
樣號 NO.	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分類	顆粒分析			含水量 w%	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重 γ	孔隙比 e	比重	承载力 Q_a	岩心取樣 D	
						礫石	砂	粉土 黏土										
	16	XXXX		16.00														
	17	○○○		砂礫夾土岩塊 18.0														
	18	○○○																
	19	○○○		砂礫夾土岩塊														
	20	○○○																
	21	○○○																
	22	○○○																
	23	○○○			23.00													
	24			岩層 鑽探終止 24.0														
	25																	
	26																	
	27																	
	28																	
	29																	
	30																	

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱: 宜蘭蘇澳港		孔位標高:		分		地質說明 Description		顆粒分析		地下水位:		鑽孔時間:				
樣號 NO.	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分	顆粒分析		含水量 w%	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重 rt	孔隙比 e	比重	承載力 Qa	岩心取樣 R Q D
						礫石	砂									
	1															
	2															
	3															
	4															
	5															
	6						5.80									
	7															
	8															
	9															
	10															
	11															
	12															
	13															
	14															
	15															

預埋管

混凝土(鋼筋)

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

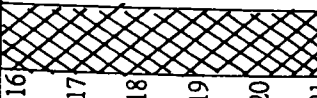
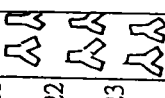
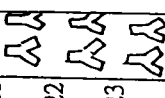
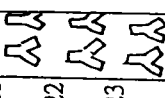
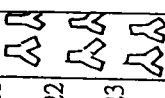
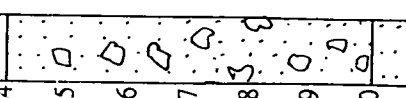
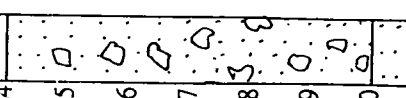
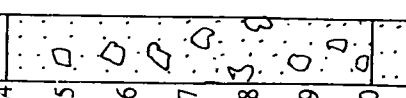
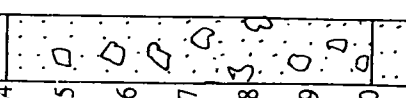
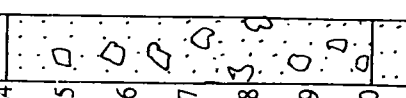
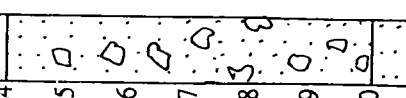
工程名稱: 宜蘭蘇澳港				孔號: 地質 備				地下水位:				鑽孔時間:					
樣 號 NO.	深 度 M	柱 狀 圖	擊 數 N	地 質 說 明 Description	分 類	顆粒分析			含 水 量 w%	液 性 限 度	塑 性 指 數	塑 性 限 度	單 位 重 rt	孔 隙 比 e	比 重	承 載 力 Qa	岩 心 取 樣 D
						礫 石	砂	粉 土 黏 土									
16				15.70 沉箱,級配(鋼筋混凝土)													
17				18.0													
18																	
19			100/7cm			34.2	65.8	0.0	15.3	—		—	2.17	0.42	2.68	OVER	
20			100/9cm			35.6	64.4	0.0	17.6	—		—	2.15	0.47	2.69	OVER	
21			100/6cm	岩塊夾礫石		31.9	68.1	0.0	16.9	—		—	2.1	0.5	2.69	OVER	
22			100/9cm			33.6	66.4	0.0	18.0	—		—	2.14	0.48	2.68	OVER	
23			100/6cm	21.00		35.1	64.9	0.0	16.5	—		—	2.12	0.47	2.67	OVER	
24			100/8cm	卵礫石夾砂土		38.7	61.3	0.0	17.4	—		—	2.13	0.47	2.68	OVER	
25				岩層													
26				鑽探終止													
27				23.0													
28																	
29																	
30																	

BORING AND TEST DATE

[illegible]

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

呈名稱:		宜蘭蘇澳港		孔位標高:		孔號:水壓計(外港)地下水位:				鑽孔時間:						
深度	柱狀圖	擊數	地質說明	分	顆粒分析			含水量	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重	孔隙比	比重	承载力	岩心取樣
M		N	Description	類	礫石	砂	粉土	w%				γ	e		Q_a	R Q D
16			鋼筋混凝土													
17																
18																
19																
20																
21			21.00													
22			消波塊													
23																
24																
25			卵礫石含砂		38.7	61.3	0.0	15.8	—			2.11	0.47	2.68	OVER 30	
26		100/6cm														
27																
28																
29																
30																

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱:		宜蘭蘇澳港		孔位標高:		鑽孔時間:										
樣號 NO.	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分類	顆粒分析			液性指數	塑性指數	單位重 γ	孔隙比 e	比重	承载力 Q_a	岩心取樣率 RQD	
						礫石	砂	粉土 粘土								含水量 $w\%$
	31			岩層												
	32															
	33			鑽探終止 33.0												
	34															
	35															
	36															
	37															
	38															
	39															
	40															
	41															
	42															
	43															
	44															
	45															

鑽探及試驗報告

編號：22 硯波室

BORING AND TEST DATE

工程名稱：宜蘭蘇澳港孔位標高：			孔號：B4			地下水位：			鑽孔時間：							
鑽探 號 NO.	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分 類	顆粒分析		含 水 量 w%	液 性 限 度	塑 性 指 數	塑 性 限 度	單 位 重 r	孔 隙 比 e	比 重	承 載 力 Qa	岩 心 取 樣 R Q D
						礫 石	粉 土 黏 土									
S-1	1			混凝土夾少許鋼筋	GP	64.0	40.0	28.6	—	—	—	2.27	0.52	2.68	14.4	
	2		2.50													
	3		3.30													
S-2	4		12	空隙	GP	65.0	35.0	23.0	—	—	—	2.54	0.29	2.67	OVER 30	OVER 30
	5		29													
	6		100/16cm													
S-3	7		100/7cm	灰色片岩夾鋼筋礫石粗細砂	GP	70.0	30.0	26.1	—	—	—	2.37	0.43	2.68	OVER 30	OVER 30
S-4	8		100/9cm													
S-5	9		100/10cm													
S-6	10		100/3cm	卵礫石灰棕灰色粗細砂	GP	74.0	26.0	27.1	—	—	—	2.26	0.51	2.69	OVER 30	OVER 30
S-7	11		100/9cm													
S-8	12		100/7cm													
S-9	13		100/9cm													
S-10	14		100/7cm													
S-11	15		100/7cm													

鑽探及試驗報告

BORING AND TEST DATE

工程名稱: 宜蘭蘇澳港孔位標高:		孔號: B4		地下水位:		鑽孔時間:										
樣號 NO.	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分類	顆粒分析		含水量 w%	液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重量 γ	孔隙比 e	比重 γ_r	承載力 Q_a	岩心取樣 D
						礫石	砂									
S-6	16		100/16cm	卵礫石夾棕灰色粗細砂	GP	91	9	0	22.6	—	—	2.41	0.37	2.69	OVER 30	
	17			鑽探終止												
	18															
	19															
	20															
	21															
	22															
	23															
	24															
	25															
	26															
	27															
	28															
	29															
	30															

鑽探及試驗報告

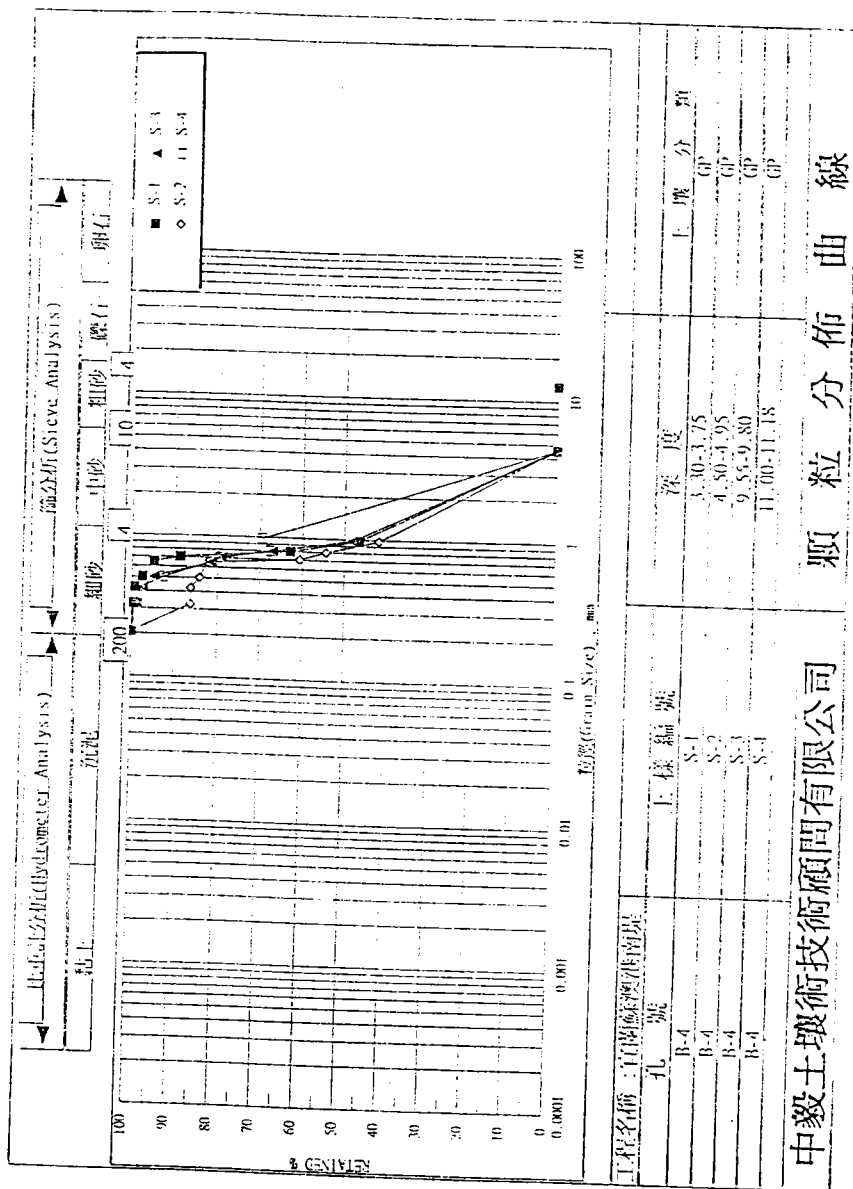
編號：24 補波室

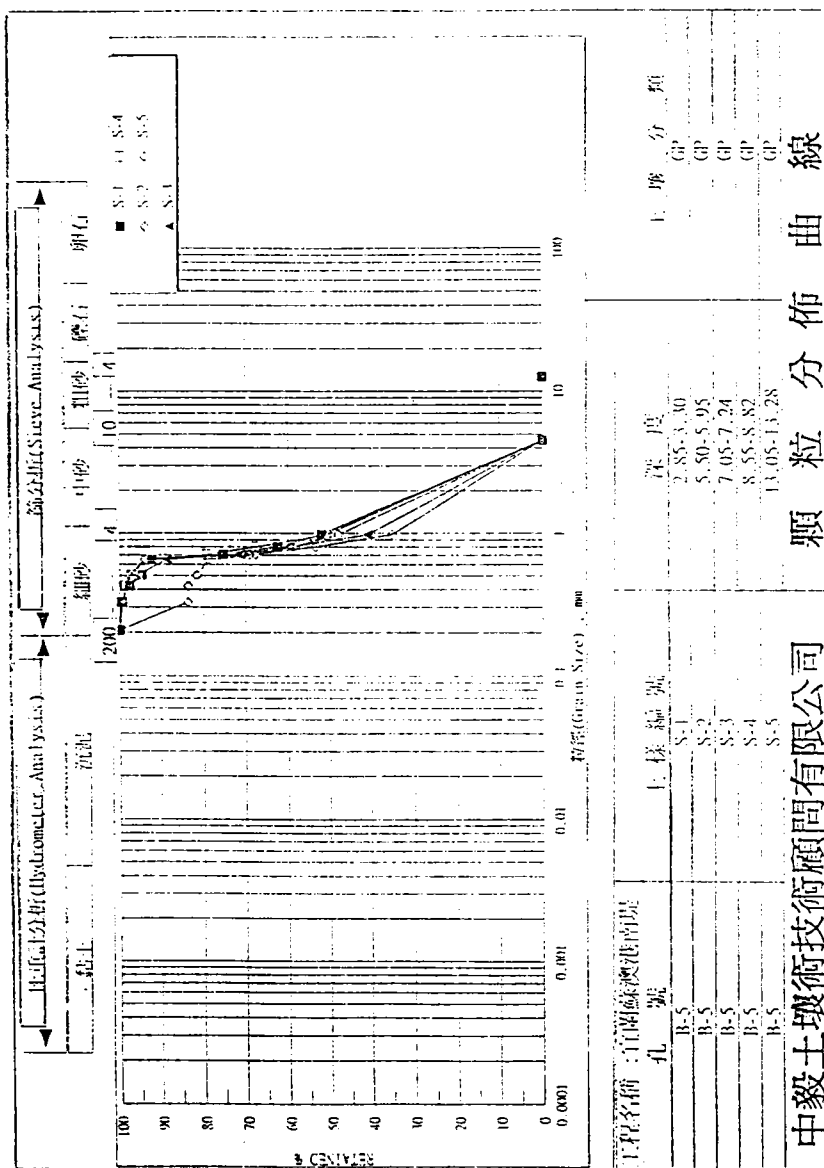
BORING AND TEST DATE

工程名稱：宜蘭蘇澳港		孔位標高：		孔號：B5		地下水位：		鑽孔時間：		岩心 R Q D 樣							
樣號 NO.	深度 M	柱狀圖	擊數 N	地質說明 Description	分 類	礫石	砂	粉土	含水量 w%		液性限度	塑性指數	塑性限度	單位重量 γ_t	孔隙比 e	比重 γ_r	承載力 Q_a
S-1	1			混凝土夾少許鋼筋	GP	71.5	28.5	0	35.6	—		—	2.41	0.52	2.69	OVER 30	
	2		48														2.50
	3																2.85
	4																灰色片岩塊夾卵礫石粗細砂
	5																
S-2	6		56		GP	62.0	38.0	0	28.4	—		—	2.12	0.63	2.69	OVER 30	
	7		100/4cm	卵礫石夾棕灰色粗細砂	GP	54.5	45.5	0	28.9	—		—	2.18	0.58	2.68	OVER 30	
S-4	8			8.00	GP	73.5	26.5	0	26.3	—		—	2.35	0.44	2.69	OVER 30	
	9		100/12cm														
	10		100/6cm														
S-0	11																
S-0	12																
S-5	13		100/8cm	卵礫石夾棕灰色粗細砂	GP	46.0	54.0	0	30.7	—		—	2.18	0.60	2.68	OVER 30	
	14																
S-0	15		100/7cm													OVER 30	

BORING AND TEST DATE

-116-



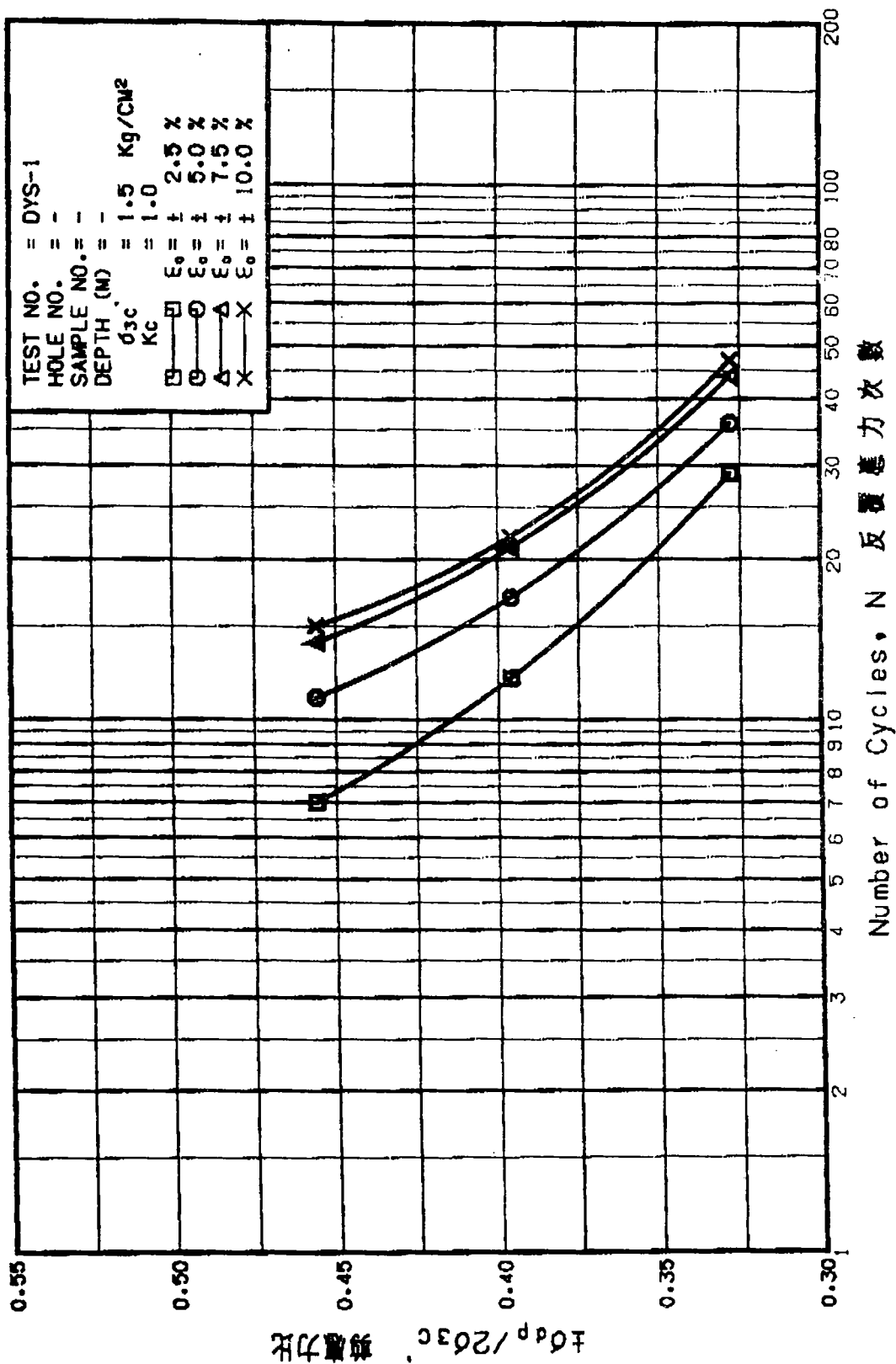


6-2 動態性質試驗

動態性質試驗係採用防波堤下之土壤做三軸動態試驗其試驗報告如后：

土壤抗液化強度試驗結果

試驗編號	乾單位重 γ_d t/m^3	土 壤 分 類	細料含量 %	KC	有效應力 σ'_{3c} kg/cm^2	剪應力比 $\sigma_{dp} / 2 \sigma'_{3c}$	反 覆 應 力 次 數			
							2.5%	5%	7.5%	10%
DYS-1	1.79	SF	3.08	1.0	1.5	0.456	7	11	14	15
						0.396	12	17	21	22
						0.328	29	36	44	47



第七章 結論與建議

7-1 結論

- (一)本研究依據研究目的裝設了蘇澳港區中長期自動監測系統，至目前收集資料相當齊全，資料品質相當良好可提供更多有興趣之學者使用，提高資料的使用率。
- (二)由於實際量測時間尚屬短暫，所得到之結果亦尚能參考使用。
- (三)利用堤面上之波壓與波高變化之統計結果得到如下之轉換函數，供未來預測堤面受力之設計使用。

示性波

$$\frac{P_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = EXP \left[-0.905 \frac{w_{1/3}^2 z}{g} - 0.027 \right]$$

$$\frac{(P_c)_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = EXP \left[-0.756 \frac{w_{1/3}^2 z}{g} - 1.021 \right]$$

$$\frac{(P_t)_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = EXP \left[-0.644 \frac{w_{1/3}^2 z}{g} - 1.087 \right]$$

十分之一波

$$\frac{P_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = EXP \left[-1.267 \frac{w_{1/10}^2 z}{g} - 0.062 \right]$$

$$\frac{(P_c)_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = EXP \left[-0.800 \frac{w_{1/10}^2 z}{g} - 1.153 \right]$$

$$\frac{(P_t)_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = EXP \left[-0.663 \frac{w_{1/10}^2 z}{g} - 1.222 \right]$$

(四)孔隙水壓力與波高變化之統計結果，得到如下轉換函數供預測孔隙水壓力使用

示性波

$$\frac{P_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = E_{xp} \left[-2.413 \frac{W_{1/3}^2 z}{g} - 0.265 \right]$$

$$\frac{(P_c)_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = E_{xp} \left[-2.738 \frac{W_{1/3}^2 z}{g} - 0.225 \right]$$

$$\frac{(P_t)_{1/3}}{\rho g H_{1/3}} = E_{xp} \left[-2.798 \frac{W_{1/3}^2 z}{g} - 0.261 \right]$$

十分之一波

$$\frac{P_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = E_{xp} \left[-1.958 \frac{W_{1/10}^2 z}{g} - 0.422 \right]$$

$$\frac{(P_c)_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = E_{xp} \left[-2.662 \frac{W_{1/10}^2 z}{g} - 0.314 \right]$$

$$\frac{(P_t)_{1/10}}{\rho g H_{1/10}} = E_{xp} \left[-2.397 \frac{W_{1/10}^2 z}{g} - 0.400 \right]$$

(五)使用本計畫之「颱風波浪資料分析及預測模式之建立」與「蘇澳港港池振盪數值模擬」等二計畫之成果，即蘇澳港 50 年之設計波高為 11.5 公尺週期 13 秒，推算到堤面上之波高為 16.2 公

尺週期 13 秒。再使用這些設計條件運用本文提出之轉換數推算其堤面之受力為 $362.51 T/M$ ，抵抗力矩為 $4545.91 T-M/M$ ，其整個斷面之受力如圖 3-24 及圖 3-25 所示。

7-2 建議

蘇澳港中長期觀測站之設立包括同時量測堤面波高、波壓、堤下之水下孔隙水壓力、表面震度、堤下震度、係屬相當完善的量測系統建議蘇澳港應每年編列維護費用，維持本測站之長期使用，對蘇澳港之防波堤安全維護定有相當助益。

參考文獻

1. Bishop, C. T. and M. A. Donelan (1987), "Measuring wave with pressure transducers", *Coastal Engineering*, 11, pp. 309-328.
2. Cavaleri, L., J. A. Ewing, and N. D. Simith (1978), "Measurement of the pressure and velocity field below surface wave", A. Faver and Hasselmann (Editors), *Turbulent fluxes through the sea surface, wave dynamics and prediction*. Plenum Press, new York, NY, pp. 257-272.
3. Cavaleri, L. (1980) "Wave measurement using pressure transducer", *Oceanol. Acta*, 3(3) : pp. 339-345.
4. Hom-ma. M., K. Horikawa, and S. Komori (1966), "Response characteristics of underwater wave gage", in *Proceedings of 10th Coastal Engineering*, ASCE. 1, pp.99-114.
5. Kuo Yi-Yu and Yung-Fang Chiu (1994), "Transfer function between the wave height and wave pressure for propagation wave", *Coastal Engineering*, 23, pp. 81-93.
6. Lee, D. Y. and H. Wang (1984), "Measurement of surface wave from subsurface gage", in *Proceedings of 19th Coastal Engineering*, ASCE. 1, pp. 271-286.
7. Nielsen P. (1986), "Local Approximations : A new way of dealing with irregular waves.", in *Proceedings of 20th International Conference on Coastal Engineering*, pp.633-646.
8. Wang H, D. Y. Lee and A. Garica (1986), "Time series surface wave recovery from pressure gage.", *Coastal Engineering*, 10, pp. 379-393.
9. 郭一羽、陳合源 (1983), "不規則波浪之水中波壓特性之研究", 中國工程師學刊, vol. 6, No. 0.1, pp. 1-8。
10. 邱永芳、郭一羽、簡仲瑾 (1993), "海洋波浪之波高與波壓間的轉換函數", 港灣技術, vol. 8, pp. 69-85。
11. 邱永芳 (1994), "波壓及水粒子速度與波高間轉換函數之研究", 國立交通大學土木工程研究所博士論文。
12. 吳兆欣 (1994), "台灣西南海域波高分佈特性", 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。