

計 畫 名 稱：臺電興達卸煤碼頭靠船墩座水工模型試驗

執 行 期 間：民國七十四年十二月至七十五年六月

✓計畫主持人：副研究員 曾 哲 茂

顧 問：高 家 俊 博 士

協同主持人：副研究員 何 良 勝

研 究 人 員：助理研究員 翁國和
助 理 江金德
技 工 柯正龍

臺灣省交通處港灣技術研究所

中華民國七十五年七月三十日

誌 謝 詞

本試驗得以順利完成，承蒙成大高家俊博士及中華顧問工程司港灣部陳森河，徐順憲先生多次蒞臨指導以及本所規劃設計組諸同仁協助謹此表示謝意。

目 錄

第一章	前 言	1-1
第二章	靠船墩座穩定性試驗	2-1~2-11
	一 試驗佈置及試驗步驟	2-1~2-7
	二 試驗條件及模型律探討	2-8
	三 試驗結果分析及討論	2-9
第三章	靠船墩座Cd 及 Cm 值之推導試驗	3-1~3-28
	一 理論探討	3-1~3-3
	二 試驗設計	3-4~3-5
	三 試驗過程	3-6~3-25
	四 試驗結果分析及討論	3-26~3-28
第四章	結論與建議	4-1~4-2
第五章	附 錄	A-1~A-37

第一章 前 言

台灣電力公司火工處為瞭解興達外海卸煤碼頭增設之北側多邊形靠船墩座在波力作用下之穩定性，及比較驗證設計時所採用之拖曳力係數(C_d)及質量力係數(C_m)特委託中華顧問工程司辦理水工模擬試驗，本試驗係在台灣省港灣技術研究所之風洞水槽進行。過程分為兩個階段，第一階段主要為以不規則波試驗證現有設計之穩定性；第二階段為 C_d ， C_m 值之校核包括波壓力總波力量測兩部份。由於需要推導拖曳力及虛擬質量力之大小，改以規則波進行以便推算波浪中水分子之速度及加速度。本報告係將兩個階段之試驗過程及試驗結果予以詳述，並詳加分析獲得結論。

第二章 靠船墩座穩定性試驗

一、試驗佈置及試驗步驟

(一)斷面水槽之佈置

港灣技術研究所內之風洞水槽長 100 公尺，寬 1.5 公尺，高 2.0 公尺，裝有英國 Armfield 公司製造之油壓式不規則波造波機壹部，可根據試驗要求之水深，週期及波譜種類計算出各頻帶之權重後輸入主控箱，而波高則由改變振幅之大小獲得。為得到穩定之波浪，北側船席多邊形墩座模型設置於造波機前方約 43 公尺處，同時並以碎石級配將模形墩座段水槽底部除造波機前 19.5 公尺外整個抬高 45 公分（詳見附圖 2-1），以使造波機前之水深足以產生試驗所需之最大波浪，而模型縮尺採用 $1/30$ ，主要係考量模型的幾何限制在邊界影響可接受的範圍內，將模型儘量放大以減少因縮尺效應所產生之誤差。

(二)模型設計

本試驗所採用的墩座模型係利用 3mm 厚之壓克力製作，尺寸為原型的 $1/30$ ，重量則根據縮尺按原型混凝土密度 $2.3 \text{ 噸}/\text{m}^3$ ，換算求得，其重心之模擬則分底版及墩座兩部分來進行。

1. 底版部分

係調整壓克力底版所夾鐵板厚度加以模擬，詳細計算如下：

設鐵板及壓克力之比重分別為 7.85 及 1.13 則

底版體積：原型 $10.40 \times 9.05 \times 1.5 = 141.18 \text{ m}^3$

模型 $(10.40/30) \times (9.05/30) \times (1.5/30) = 5.229$
 $\times 10^{-3} \text{ m}^3$

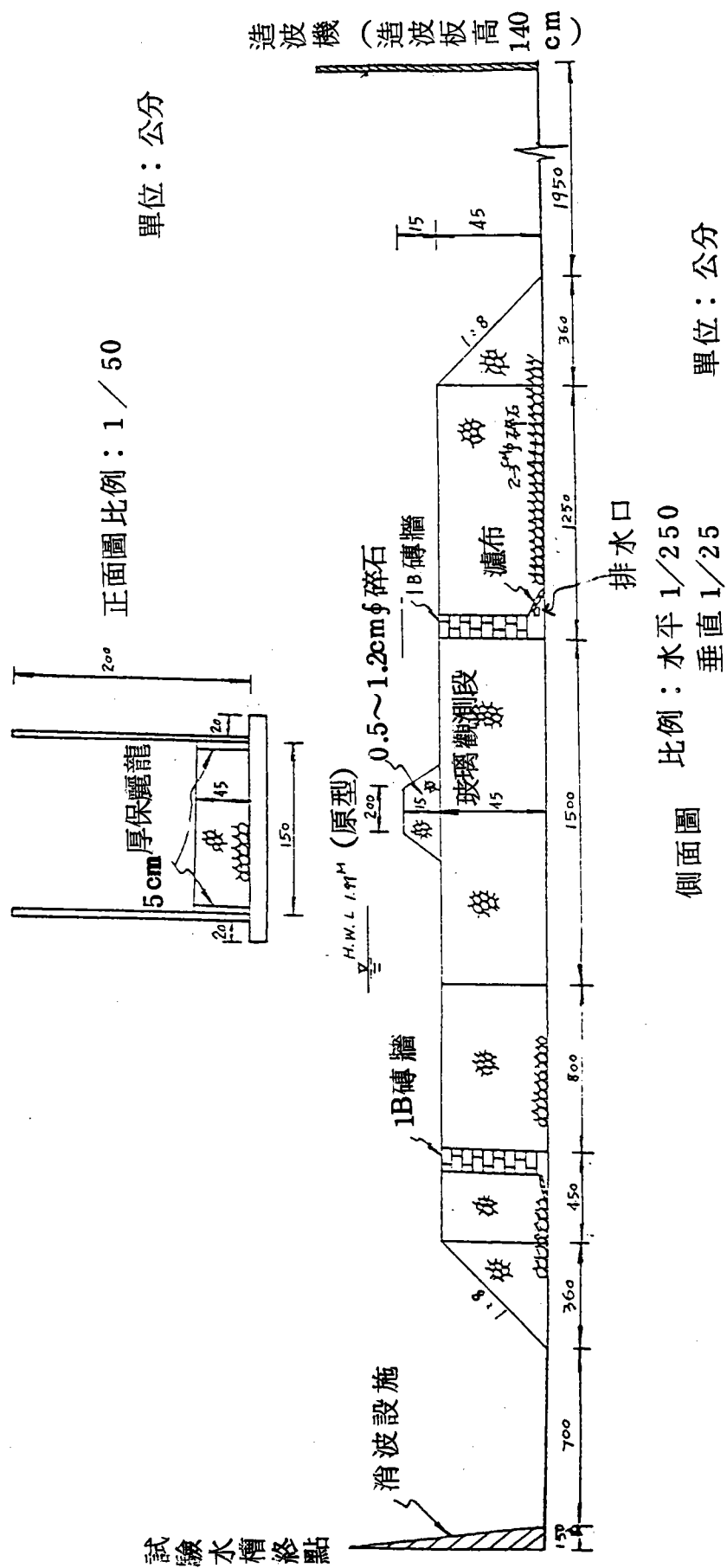


圖 2-1 斷面水槽佈置圖

底版重量：原型 $2.3 \times 141.18 = 324.714$ 公噸

鐵版厚度： $12026 / [7.85X + (1.13)(5 - X)]$

$$= (1040/30)(9.05/30)$$

$$X = 0.88 \text{ 公分}$$

壓克力板厚度： $5 - 0.88 = 4.12$ 公分

上下兩塊分別為 2.06 公分。

2. 墩座部分

係利用模型墩座內部堆疊鐵塊來加以模擬，詳細計算如：

墩座體積：原型 $(38.73 + 69.20) / 2 \times 11.0 = 593.62 \text{ m}^3$

$$\text{模型 } 593.62 / (30)^3 \times 100^3 = 2.1986 \times 10^4 \text{ cm}^3$$

墩座重量：原型 $2.3 \times 593.62 = 1,365.33$ 公噸

$$\text{模型 } 2.3 \times 2.1986 \times 10^4 / 10 = 50.568 \text{ 公斤}$$

墩座重心計算：

$$\text{重心} = \int_0^{11} [38.73 + (\frac{69.20 - 38.73}{11})X] \times dX / V$$

$$= 6.0176 \text{ (自墩頂往下算)}$$

其中 V 為墩座體積

$$\text{則 } (11.0 - 6.0176) / 11.0 = 0.4529 = 0.45$$

亦即墩座重心自墩底起算為全高度的 0.45 在原型中相

當於 5 公尺，換算成模型則為 16.6 公分。

調整鐵塊計算：

已知實做壓克力模型外殼重量為 1.904 公斤則調整鐵塊重量應為 $50.568 - 1.904 = 48.664$ 公斤，若鐵的比重以 7.85 計算，又模型之重心高度為墩底算起 16.6 公分。

$$\text{則 } 7.85 \times (16.6 \times 2) \times A = 48.664$$

式中 A 為每層鐵塊面積，其堆疊總高度為 33.2 公分。

求得 $A = 186.72 \text{ cm}^2$ ，為配合墩頂開口大小，選擇每層兩塊面積為 6 公分 $\times$ 15.56 公分之鐵片厚度不限交互堆疊至高度為 33.2 公分即可。

(三)量測儀器之佈置

本試驗為墩座穩定性分析研究，主要量測項目包括：一、深海入射波大小：驗證是否合乎所要求之波浪條件。二、墩前波大小：主要瞭解波浪由深海入射後，由於淺化，底部摩擦等原因衰減後實際作用於墩座的波浪大小。三、墩座本身的滑動或傾倒。

為針對一、二兩項量測分別在抬高段近造波機端斜坡外以及墩座側方位置，裝置波高計（圖 2-2、2-3）。至於將量測實際作用墩座之波高計裝置於墩側而不裝於墩前，其主要原因在於墩前波浪受結構物反射影響，較為不穩定，而墩側較為接近實際作用波浪之故。至於墩座穩定性分析，亦即滑動或傾倒的量測，本試驗利用兩個位移計來進行，由於位移計係為接觸式，本身又不防水，乃選擇一斷面長 1 英吋，寬 $\frac{1}{2}$ 英吋剛度較大的長方形空心不銹鋼棒，下方兩點分別固定於墩底及墩頂兩處，作為位移傳動桿而兩個位移計則配合構架高度分別裝於距離墩底 119 公分及 139 公分之位置，同時為減少波浪因越波所產生的衝擊力對傳動桿造成影響，外側利用 PVC 管將傳動桿隔離（詳見圖 2-4）以減少因越波衝擊所產生的晃動。然後根據兩個位移計晃動量的大小以及傳動桿的長度可計算出墩座傾側角的大小，墩座受波浪作用前後之起始位移即滑動量大小。

(四)試驗步驟

1.儀器率定

試驗開始，在實際量測波浪及位移變化前儀器先行率定得出變化量及輸出電壓的關係曲線（一般為直線）若以電壓為橫軸，水位變化或位移量為縱軸時，此時率線的斜率即為率定值，又根據相關係數及差方之大小可判斷儀器線性化的程度，一般所使用相關係數至少需在 0.95 以上。尤其波高計在波浪作用一段時間以後感受線上的張力會改變，因而率定值也隨之變化，所以經常的率定是必要的。

2.第一個成熟波及反射波到達時間之量測

由於墩座距離造波板之位置遠在 43 公尺以外，加以不同的波浪

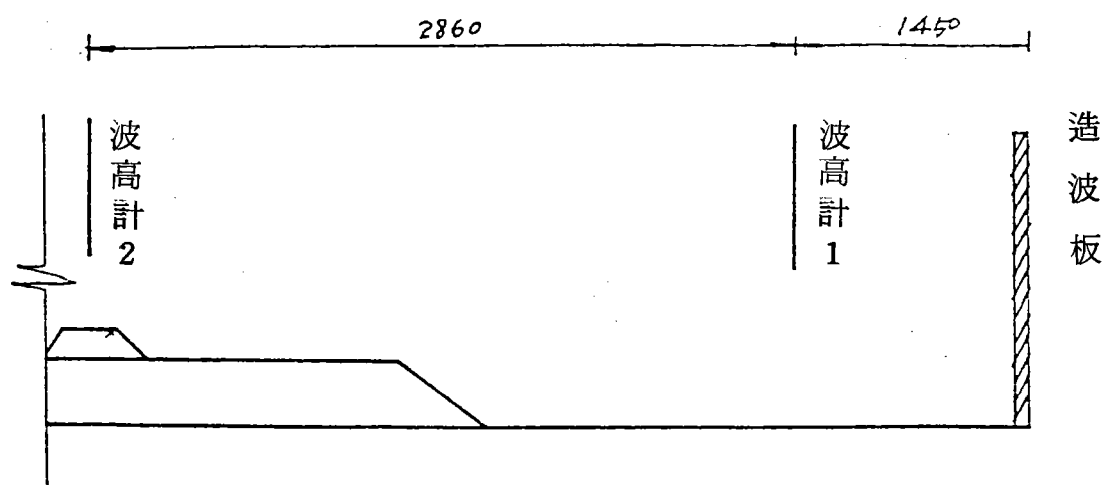


圖 2 - 2 波高計配置斷面圖

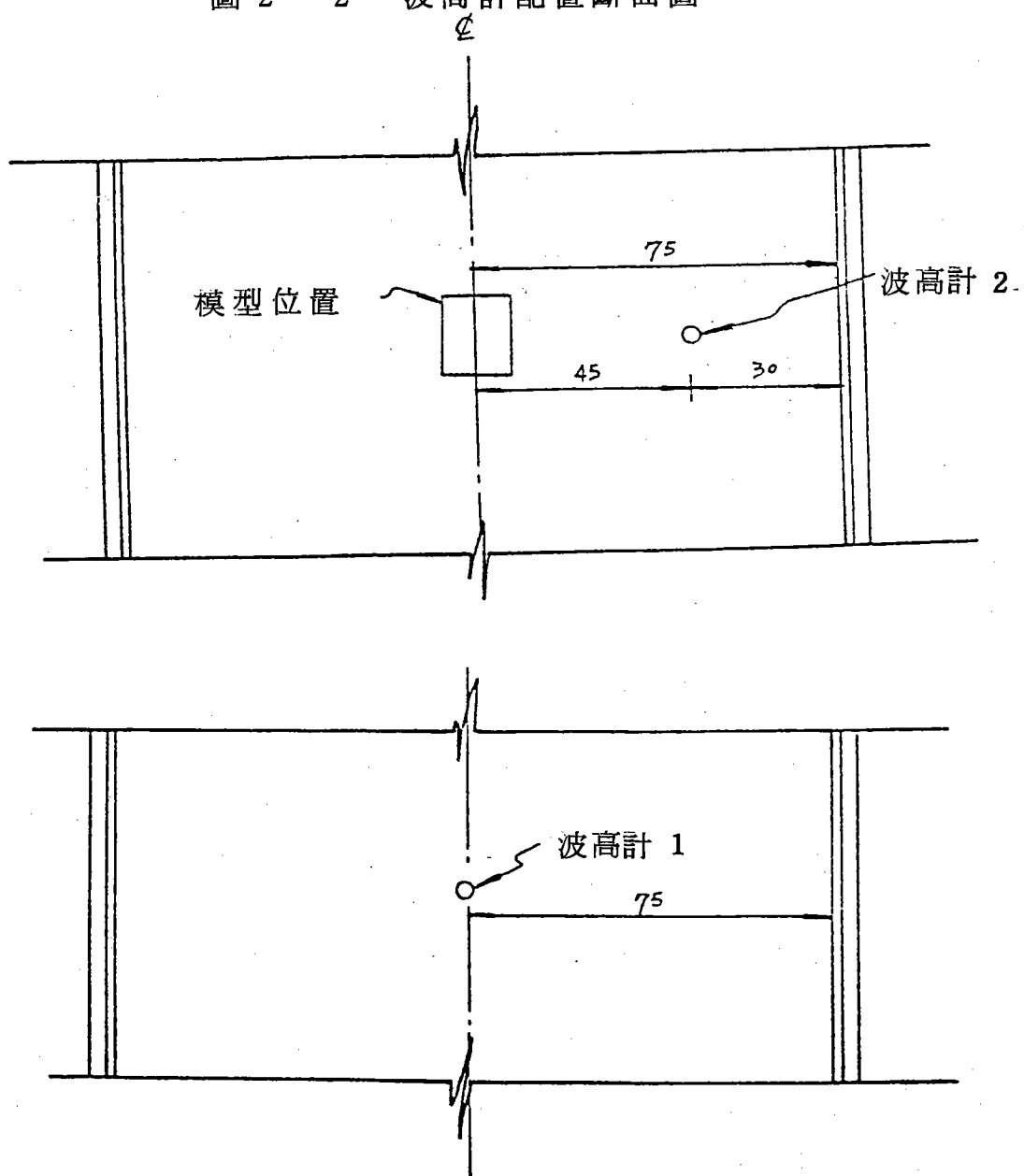


圖 2 - 3 波高計配置平面圖

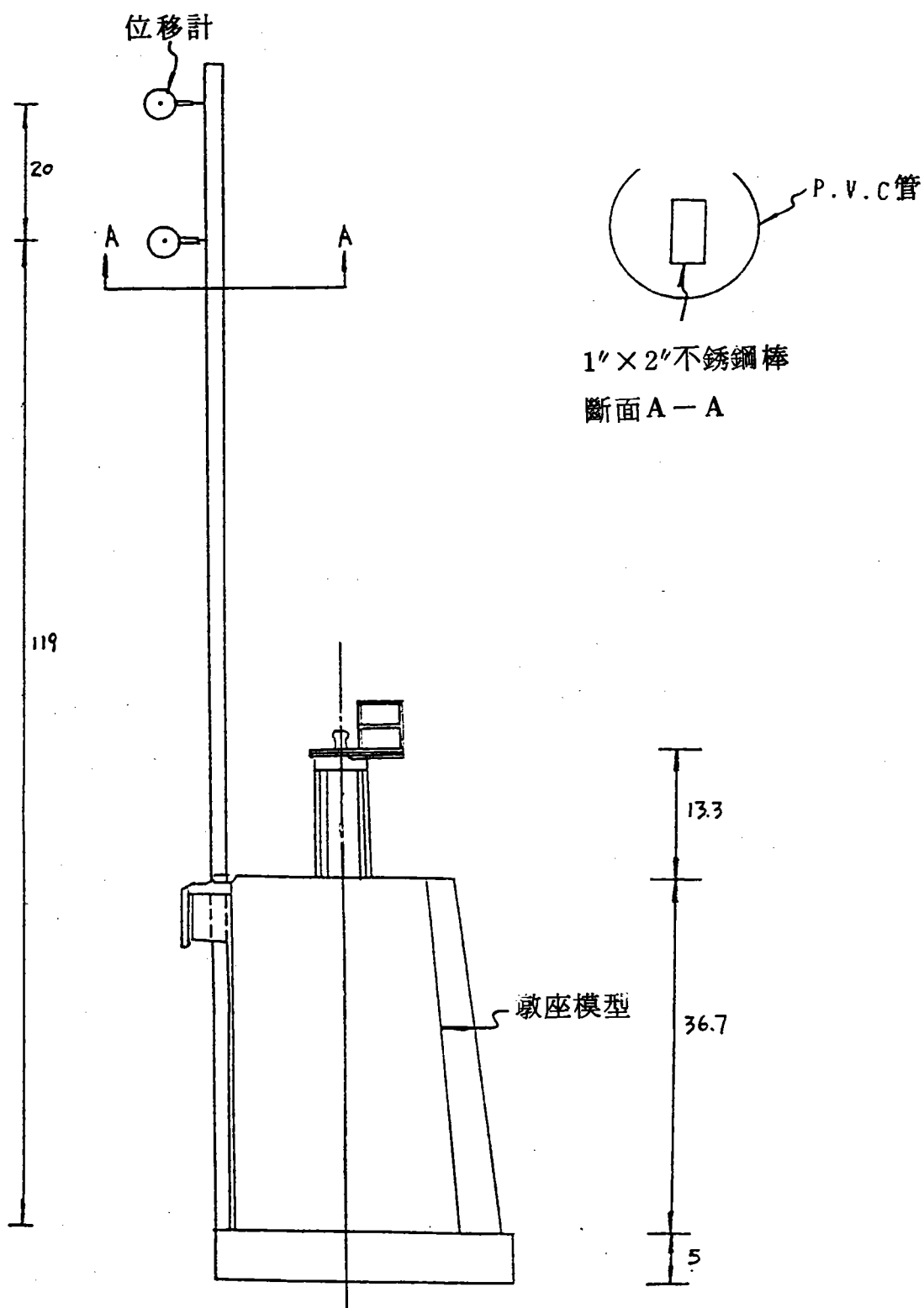


圖2—4 墩座模型及量測儀器佈置示意圖

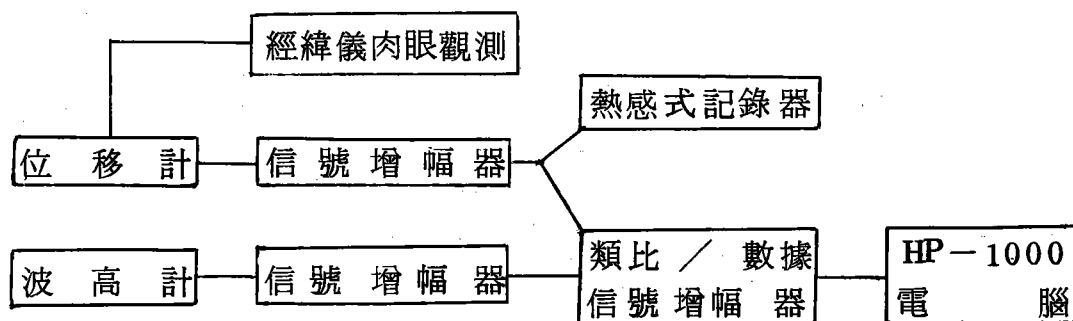
傳遞速度亦不相同，因此每次試驗開始前必須量測從造波板啟動後直到第一個成熟浪到達墩座所需要之時間作為試驗量測開始的依據，再者波浪水槽有一定的長度，波浪到達末端以後，即使消波設備再好，多少也會有波浪反射回來，因此確保不規則波波譜之準確性除儘量降低波浪反射以外，確實掌握反射波到達之時間亦頗為重要。

3. 量測取樣時間間隔之決定

試驗量測的過程中，除了記錄器將感受器 (sensor) 所輸出的電壓變化亦即類此信號直接點繪於紙上外，一般是藉著電腦之類比／數據信號轉換器 (A-D Converter) 來掃描諸多感受器所輸出電壓的變化轉換成數據信號，因此取樣間隔之長短直接受到此 A-D 掃描速度的快慢所影響。本試驗所採用的 A-D 掃描速度在 0.01 秒左右，而根據經驗完美描繪一波浪變化至少需要之點數為 8-10 點，已知試驗所採用波浪其平均週期在 1 秒以上，因此取樣間隔，此處採用 0.1 秒。

4. 資料量測及分析之流程

本試驗資料之量測及分析，可以下面流程表示，由於穩定性分析所著重的是墩座位移的變化，因此位移量除了輸入電腦作分析研究外，同時以記錄器作紙上書面記錄，此外配合經緯儀作肉眼觀測。



二、試驗條件及模型律探討

本試驗第一階段所採用之水位及入射波浪條件如下：

水位：

高潮位 H.W.L. + 1.99 公尺

低潮位 L.W.L. + 0.76 公尺

入射波：

示性波高 (公尺)	示性週期 (秒)
7.5	11.5
6.0	10.3
4.0	8.4
2.0	6.0

墩座基礎拋石：

墩底 直徑 10 — 30 公分

斜坡 100 公斤以上

墩座受波浪作用後，所受之外力主要有慣性力、形狀曳力、表面曳力即滯性剪力等，而重力為主要作用力。因此本試驗墩座穩定性研究之模型設計乃根據福祿得定律，在此模型律下慣性力及重力可正確地在模型上重現，形狀曳與重力有關相似性亦可獲得，唯滯性剪力則不可能由福祿得模型定律下獲得。雖然模型試驗上，當雷諾數很大時滯性剪力可以忽略，但一般基礎拋石往往不大，所選擇縮尺很難達到滯性剪力可以忽略之程度。

根據福祿得模型律在 $1/30$ 的縮尺下配合墩座附近水深、上述試驗條件在模型水槽中相當於：

水位：

高潮位 H.W.L. 水深 97.63 公分

低潮位 L.W.L. 水深 93.53 公分

入射波：

示性波高 (公分)	示性週期 (秒)
25.0	2.10
20.0	1.88
13.33	1.54
6.67	1.09

墩座基礎拋石：採用 0.5 ~ 1.2 公分直徑之碎石

三、試驗結果分析及討論

上述試驗結果按暴潮位 +2.82m，高潮位 +1.99m，以及低潮位 +0.76m 之順序分別列表如表 2-1 ~ 2-2，根據觀察波浪由深海入射之過程中，由於受到淺化以及底部摩擦等影響，當其到達墩前而實際作用於墩座，波高已經有相當程度的衰減，尤以低潮位時更為明顯。模型墩座在波浪作用下會產生輕微晃動，並且隨著波高及週期增大，就以其極限情況言，當墩前波 $H_{max} = 22.5$ 公分時，模型晃動位移量亦僅僅在 0.17 公厘左右，由於模型製作所採用之材料係壓克力板，而且內部又為空心，所以當波力作用時，模型的壓克力外殼受波壓影響定會產生輕微變形，此可能係晃動產生主要原因，因為根據晃動週期顯示，當波高及週期限小時，晃動並不很明顯，且週期很短，當波高及週期增大，晃動亦漸漸明顯，且週期變長而幾乎與入射波週期接近，若為墩座本身的晃動，由於墩座相當重，其晃動週期必定很長，此點似可肯定，因此就目前之波浪條件，亦即在原型墩前最大波 6.75cm，示性波 5.4cm 之狀況下，墩座可說相當穩定。

表 2-1 興達卸煤碼頭靠船墩座模型試驗穩定性分析試驗結果

潮位	入射波				墩前波				量測位移量		換算原型位移量	
	Hmax	Hs	Tmax	Ts	Hmax	Hs	Tmax	Ts	UDmax	LDmax	墩頂位移	傾倒角度
*2.82m	39.88cm (11.96m)	33.04cm (9.91m)	2.34sec (12.82)	2.24sec (12.27)	22.49cm (6.75m)	17.93cm (5.38m)	2.40sec (13.15)	2.29sec (12.54)	0.17mm	0.17mm	1.57mm	29.44°
	36.38cm (10.91m)	30.57cm (9.17m)	2.19sec (12.00)	1.96sec (10.74)	19.44cm (5.82m)	15.09cm (4.53m)	2.64sec (14.46)	2.08sec (11.39)	0.15mm	0.14mm	1.29mm	24.19°
	35.55cm (10.67m)	29.92cm (8.98m)	2.12sec (11.61)	1.93sec (10.57)	17.46cm (5.24m)	14.01cm (4.44m)	2.13sec (11.67)	2.04sec (11.17)	0.15mm	0.12mm	1.11mm	20.81°
	41.83cm (10.66m)	30.36cm (9.11m)	2.20sec (12.05)	1.96sec (10.74)	18.41cm (5.52m)	15.37cm (4.61m)	2.25sec (12.32)	2.13sec (11.67)	0.13mm	0.11mm	1.02mm	19.13°
	33.33cm (10.00m)	26.81cm (8.04m)	2.16sec (11.83)	2.20sec (12.05)	15.61cm (4.68m)	12.71cm (3.81m)	2.44sec (13.36)	2.23sec (12.21)	0.13mm	0.11mm	1.02mm	19.13°
	38.26cm (11.48m)	30.10cm (9.03m)	2.38sec (13.04)	2.18sec (11.94)	17.01cm (5.10m)	14.20cm (4.26m)	2.04sec (11.17)	2.33sec (12.21)	0.15mm	0.12mm	0.11mm	20.81°
	34.57cm (10.37m)	19.24cm (5.77m)	1.74sec (9.53)	1.82sec (9.97)	12.85cm (3.86m)	8.78cm (2.63m)	1.82sec (9.97)	2.33sec (12.76)	0.09mm	0.09mm	0.83mm	15.56°
	32.92cm (9.88m)	20.47cm (6.14m)	1.74sec (9.53)	1.81sec (9.91)	14.29cm (4.29m)	5.90cm (1.77m)	2.13sec (11.67)	1.74sec (9.53)	0.09mm	0.08mm	0.74mm	13.88°
	19.82cm (5.95m)	11.21cm (3.36m)	1.61sec (8.82)	1.52sec (8.33)	10.58cm (3.17m)	5.79cm (1.74m)	1.47sec (8.05)	1.84sec (10.08)	0.06mm	0.07mm	0.65mm	12.19°
	18.55cm (5.57m)	12.13cm (3.64m)	1.54sec (8.43)	1.55sec (8.49)	9.51cm (2.85m)	5.86cm (1.76m)	1.71sec (9.37)	1.37sec (9.50)	0.03mm	0.05mm	0.46mm	8.63°
*1.99m	21.37cm (6.41m)	12.25cm (3.68m)	1.72sec (9.42)	1.56sec (8.54)	9.92cm (2.98m)	6.96cm (2.09m)	1.58sec (8.65)	1.45sec (7.94)	0.03mm	0.03mm	0.28mm	5.25°
	25.84cm (7.75m)	14.90cm (4.47m)	1.50sec (8.22)	1.57sec (8.60)	11.70cm (3.51m)	4.06cm (1.22m)	1.55sec (8.49)	1.43sec (7.83)	0.05mm	0.06mm	0.55mm	10.31°
	12.00cm (3.60m)	8.48cm (2.54m)	1.31sec (7.18)	1.63sec (8.93)	4.90cm (1.47m)	3.11cm (0.93m)	1.72sec (9.42)	1.55sec (8.49)	0.02mm	0.02mm	0.10mm	3.38°
	9.97cm (2.99m)	6.40cm (1.92m)	1.60sec (8.76)	1.57sec (8.60)	4.28cm (1.28m)	17.93cm (5.38m)	1.69sec (9.26)	1.46sec (8.00)	0.03mm	0.02mm	0.18mm	3.38°

表 2-2 興達卸煤碼頭靠船墩座模型試驗穩定性分析試驗結果 (接上表)

溯位	入射波				墩前波				量測位移量		換算原型位移量	
	Hmax	Hs	Tmax	Ts	Hmax	Hs	Tmax	Ts	UDmax	LDmax	墩頂位移	傾倒角度
0.76m	36.23 cm (10.87m)	24.95 cm (7.49m)	1.94sec (10.63)	2.16sec (11.873)	14.74cm (4.42m)	12.07 cm (3.62m)	2.39sec (13.09)	2.41sec (13.20)	0.10mm	0.08mm	0.74mm	13.88'
	34.72 cm (10.42m)	28.86 cm (8.66m)	2.09sec (11.45)	1.97sec (10.79)	14.91cm (4.47m)	11.00 cm (3.30m)	1.35sec (7.39)	2.04sec (11.17)	0.09mm	0.07mm	0.65mm	12.19'
	33.86 cm (10.16m)	20.36 cm (6.11m)	1.09sec (10.35)	1.86sec (10.19)	10.79cm (3.24m)	8.12 cm (2.44m)	2.04sec (11.17)	1.88sec (10.19)	0.07mm	0.06mm	0.55mm	10.31'
	32.50 cm (9.75m)	20.98 cm (6.29m)	1.63sec (8.92)	1.53sec (8.38)	13.18cm (3.95m)	8.03 cm (2.41m)	1.65sec (9.04)	1.63sec (8.93)	0.05mm	0.03mm	0.20mm	5.25'
	25.39cm (7.62m)	16.83 cm (5.05m)	1.57sec (8.59)	1.59sec (8.71)	9.92cm (2.98m)	6.91 cm (2.07m)	1.66sec (9.09)	1.62sec (8.87)	0.05mm	0.05mm	0.46mm	8.63'
	16.33cm (4.90m)	10.87 cm (3.26m)	1.82sec (9.97)	1.60sec (8.76)	8.36cm (2.51m)	4.80 cm (1.44m)	1.56sec (8.54)	1.49sec (8.16)	0.03mm	0.03mm	0.28mm	5.25'
	20.50 cm (6.15m)	12.61 cm (3.78m)	1.78sec (9.75)	1.53sec (8.38)	8.36cm (2.51m)	5.46 cm (1.64m)	1.64sec (8.98)	1.41sec (7.72)	0.02mm	0.02mm	0.18mm	3.38'
	11.85 cm (3.56m)	6.96 cm (2.09m)	1.20sec (6.57)	1.14sec (6.24)	6.14cm (1.84m)	4.10 cm (1.25m)	0.84sec (4.60)	0.92sec (5.04)	0.03mm	0.02mm	0.18mm	3.38'

註：1. 括弧內數字表示模型波高及週期對應於實體之波高及週期

2. Tmax 係對應於 Hmax 之週期並非波列之 Tmax

第三章 靠船墩座 Cd 及 Cm 值之推導試驗

一、理論探討

Morison公式自 1950 發表後已廣泛被運用於計算海中結構物所承受之波力，根據 Morison 公式，結構物在波浪作用下所受之總波力為：

$$F = \frac{1}{2} C_d \rho \int_{-d}^{\eta} D u |u| dy + C_m \rho \int_{-d}^{\eta} A \dot{u} dy \dots (3-1)$$

其中 F 為沿波向線之總波力

η 為瞬間水位變位

ρ 為水之質量密度

u 為水分子沿波向垂直於墩軸之瞬間速度

$\dot{u}$ 為水分子沿波向垂直於墩軸之瞬間加速度

D 為墩座寬度

A 為垂直於波向之墩座截面積

C_d 為拖曳力係數

C_m 為慣性力係數

應用 Morison 公式計算結構物在波力作用下之情形，主要是基於下列幾項假設：

- (一) 假設波浪場特性不受結構物存在之影響，使得在使用 Morison 公式時，對結構物之大小尺寸必須有限制，一般為大家所接受之極限為 $D/L \leq 0.2$ ，其中 D 為結構物的寬度，L 為波長。
- (二) 假設結構物在遭受波力作用時為一剛體 (Rigid Body)，若結構物產生動力反應 (Dynamic response) 或為浮體之一部分時，其導致之運動比起水分子之流速或加速度可能更為顯著，這將使 Morison 公式缺乏意義。

有關 C_d 及 C_m 值之推導，一般可由以往經驗決定或利用水工模型試驗求得。通常拖曳力分量係表示一定常流 (Steady flow) 通過物體時所造成之力，因此拖曳力係數也可由量測穩定流速下物體所受之力來決定。理論上以原型尺寸 (Full-scale) 來進行試驗效果最為理想，若以縮小模型作試驗，其最大缺點在於很難正確模擬實際之流場特性，因為拖曳力係數與流體之雷諾數有關，換句話說，在不同之雷諾數下，有不同之拖曳力係數 (圖 3-1、3-2)，不過在實際應用上對某一特定結構物而言，仍以採用一固定平均值為宜。

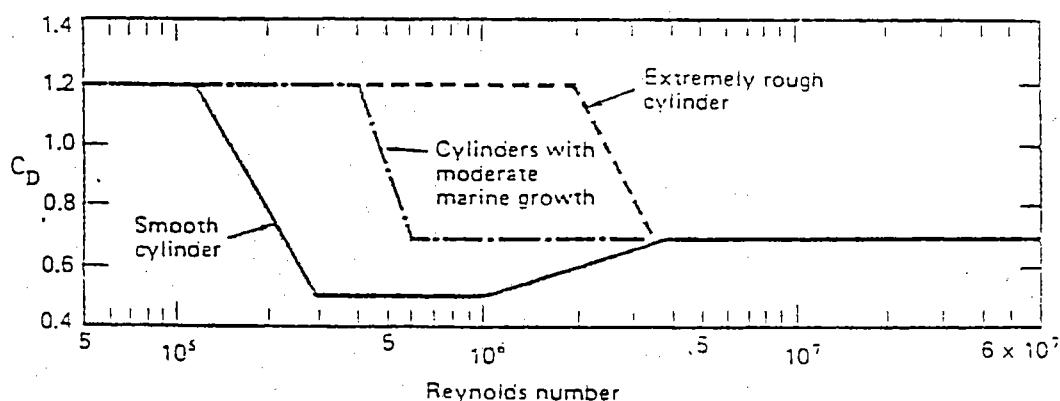


圖 3-1 Olsen (1974) 所推荐之拖曳力係數

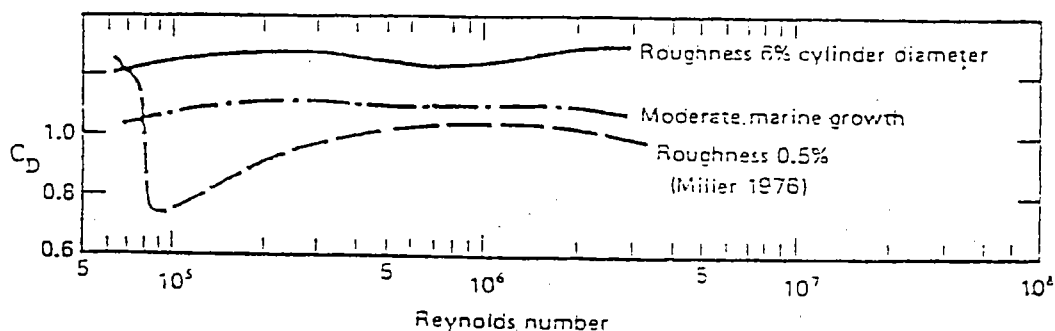


圖 3-2 Morison 公式中影響 C_d 值之因素

根據 Sarpkaya (1976) 實驗資料顯示， C_d 及 C_m 值受波浪之週期性影響頗為顯著 (圖 3 - 3)，但此影響易受其他因素所抵消，使得根據 Morison 公式所計算出來之總力與採用定常流有關係數所推導出來之值相差不大，唯在結構物表面有生物附著之情況下，則不盡相同。

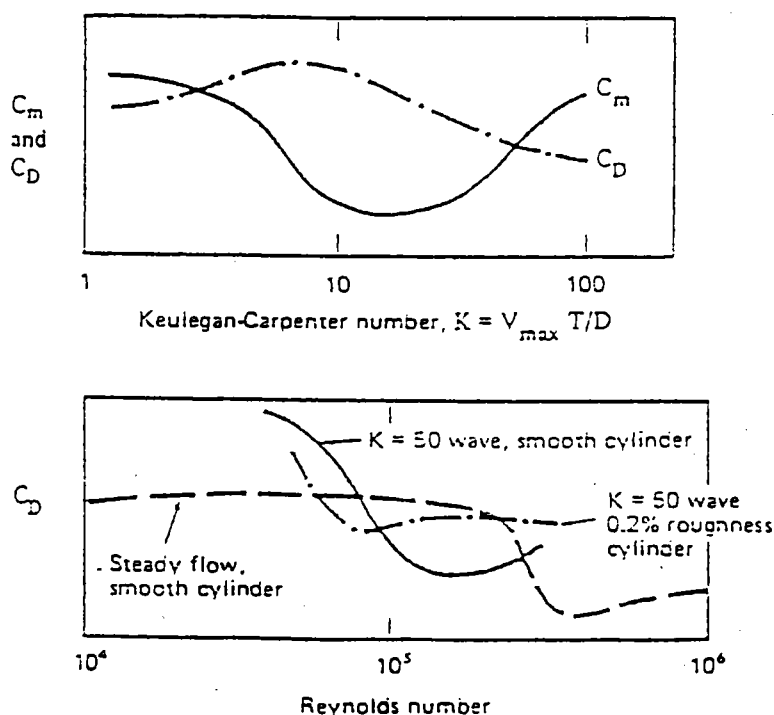


圖 3 - 3 波浪對 C_d 及 C_m 之影響 (Sarpkaya, 1976)

水分子之瞬間速度及瞬間加速度必須以波浪理論如線性波，Stokes 五階，孤立波等算出，因此隨著波浪理論之不同， C_d 及 C_m 亦將有少許差異，較精確者使用 Stokes 五階波浪理論，但因 Stokes 五階計算非常複雜，必需使用大型電子計算機方為可行，一般多使用 Stokes 三階或線性波理論，本文係採用 Stokes 五階理論分析。

二、試驗設計

本試驗主要包括波壓分析及總波力量測兩部分，有關試驗佈置及規劃試驗之細節分述如下：

(一) 波壓分佈

整個模型之佈置及縮尺仍舊與墩座穩定性分析時相同，唯為避免波浪過分衰減，造波板前碎石抬高則縮短七公尺（圖 3-4）。本試驗所採用之波壓計為日本 Kyowa 公司製造 PGM-05KG 型，可承受最大壓力為 0.5 Kg/cm^2 ，相當於 5 公尺水深下之靜水壓力。由於墩座模型係沿著波向線左右對稱，因此在波壓計之安排上僅限於單側，分為三層。每層四個，第一層的高度在靜水面下一公分左右，主要是因為波壓分佈在此附近為最大緣故，第二、第三層高度則分別在第二及第三個三等分之中間點（圖 3-5）。此外由於波壓計後方接線部分並不防水，因此本試驗在波壓計接頭固定座上之設計煞費苦心，尤其在防水處理上更不敢疏忽，因為模型內部一旦進水，將造成波壓計短路，使得整個試驗無法繼續進行，此外監控試驗條件之波高計安排上仍舊同前，一在造波機端碎石抬高段之斜坡外，一在模型側方，藉以瞭解入射波高，以及衰減後實際作用於墩座模型之波高大小。

(二) 總波力量測

總波力量測係採用中空模型，藉著調整內部填沙之重量，使得在試驗所採用之高水位條件下，模型正好無重量，亦即在失重狀態下。此時，模型所受浮力恰巧等於重力，透過模型重心部分，則固定以一支一英吋見方長度約 150 公分左右之空心不銹鋼棒，上端利用 C 型夾固定在一個穩定基座上，其高度必須使得墩座底部剛好懸浮在基礎拋石上方約 1 公分左右（圖 3-6），試驗開始前，得先測試以確定上方基座在模型受波力作用時不隨波晃動，在空心棒上端，靠近基座部分則按裝一位移計測定變位，至於變位及受力的關係得根據率定求出，一般率定的方法係利用一根繩子透過模型重心

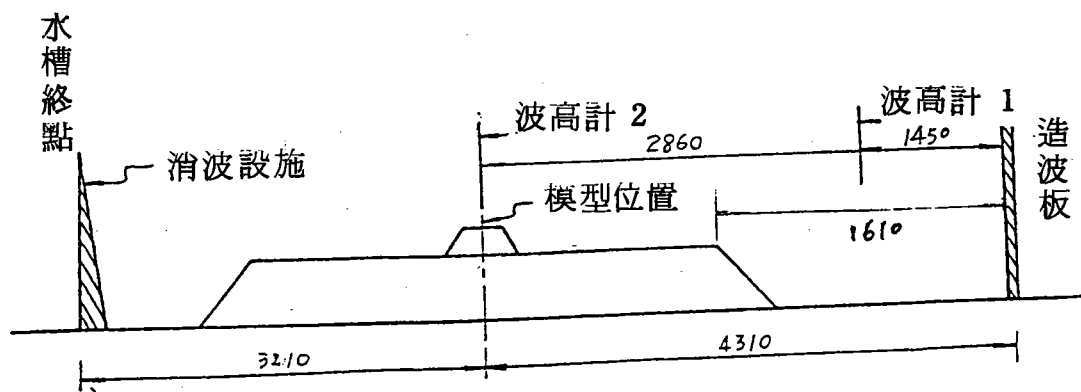


圖 3-4 Cd, Cm 值推導斷面水槽位置圖

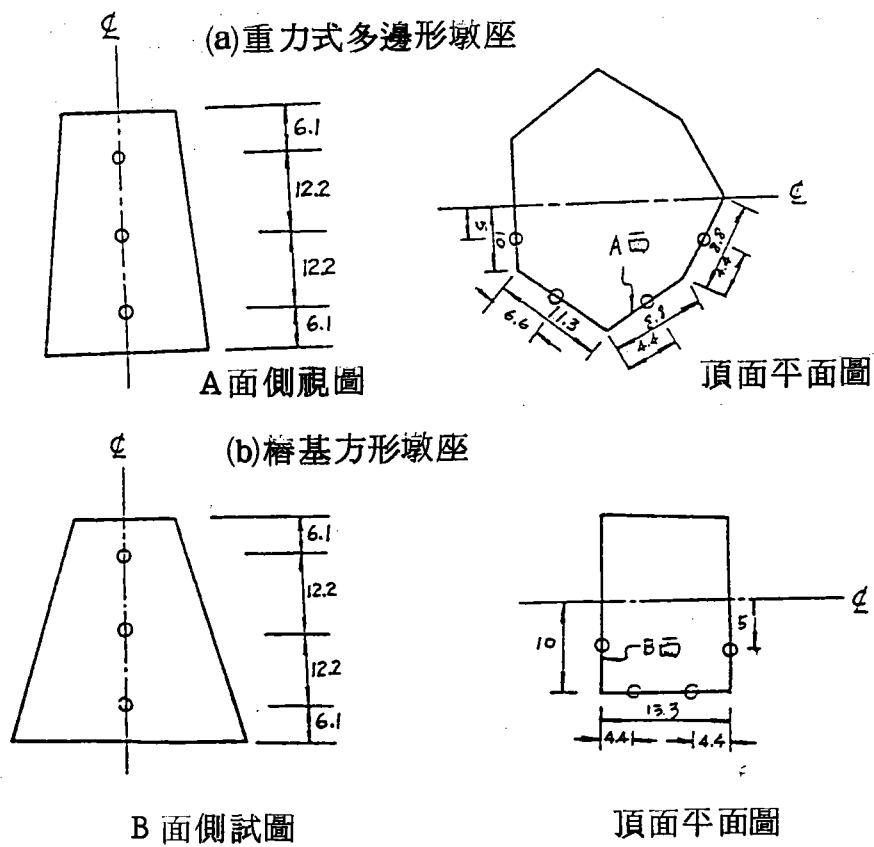


圖 3-5 波壓計配置圖

施力，由彈簧秤量得繩子上張力的大小以及位移計所測變位可繪出此率定曲線，一般約接近線性。

三、試驗過程

(一)波壓部分

1. 試驗步驟

進行試驗的墩座模型計有兩種，一為原先之樁基方形墩座，一為增建之重力式多邊形墩座，試驗開始前波壓計及波高計須先率定，再根據此率定值將類比—數據轉換器 (A-D converter) 所測得之電壓變化轉換成實際之物理變化，或為波壓，或為波高，同時為避免波壓計中壓力感受面與前方小孔間的空氣沒有排除，造成空氣墊作用對實際之波動壓力變化，產生阻尼影響造成誤差。因此試驗開始前須先用針筒將其間隙之空氣抽除。本試驗由於配合水分子瞬間速度及瞬間加速度之計算乃以規則波來進行，試驗所使用之波浪條件則係參考穩定性分析時，墩前之實際波高及週期作少許調整，模型所採用之波浪條件與其所對應之現場波浪表列如下：

表 3-1 模型波浪與現場波浪對照表

波浪條件	模 型 波 浪		現 場 波 浪	
序 號	波 高	週 期	波 高	週 期
1	3.84 cm	1.08 sec	1.15 m	5.92 sec
2	10.61 cm	1.52 sec	3.18 m	8.33 sec
3	17.52 cm	1.63 sec	5.26 m	8.93 sec

水槽終點

消波設施

3210

波高計 2

模型位置

4310

波高計 1

造波板

圖 3-6 總波力量測配置圖

2. 波浪試驗條件之探討

根據 Morison 公式海中結構物與波浪間之關係特性可歸納如下：

$$\frac{D}{L} > 1.0 \quad \text{近乎全反射}$$

$$\frac{D}{L} > 0.2 \quad \text{繞射逐漸顯著}$$

$$\frac{D}{L} < 0.2 \quad \text{Morison 公式成立}$$

$$\frac{D}{W} > 0.2 \quad \text{慣性力逐漸顯著}$$

$$\frac{D}{W} < 0.2 \quad \text{拖曳力顯著}$$

其中 D 為受波物體之直徑或寬度

L 為波長

W 為波浪水分子作橢圓運動之長軸

$$\text{即 } W = \frac{H}{\tanh \frac{2\pi d}{L}}$$

H 為波高

d 為水深

以下係依上述條件分別探討試驗所用波浪條件之特性

(1) $H_s = 3.84 \text{ cm}$, $T_s = 1.08 \text{ sec}$

樁基方形墩座 $D/L = 0.1286 < 0.2$ Morison 公式適用

$D/W = 4.458 > 0.2$ 慣性力顯著

重力式多邊形墩座 $D/L=0.1929 < 0.2$ Morison 公式適用
 $D/W=6.687 > 0.2$ 慣性力顯著

(2) $H_s=10.61\text{ cm}$, $T_s=1.52\text{ sec}$

樁基方形墩座 $D/L=0.0822 < 0.2$ Morison 公式適用
 $D/W=1.2693 > 0.2$ 慣性力顯著

重力式多邊形墩座 $D/L=0.1233 < 0.2$ Morison 公式適用
 $D/W=1.9039 > 0.2$ 慣性力顯著

(3) $H_s=17.25\text{ cm}$, $T_s=1.63\text{ sec}$

樁基方形墩座 $D/L=0.0758 < 0.2$ Morison 公式適用
 $D/W=0.7389 > 0.2$ 慣性力顯著

重力式多邊形墩座 $D/L=0.1138 < 0.2$ Morison 公式適用
 $D/W=1.1084 > 0.2$ 慣性力顯著

3. 資料分析

(1) 分析理論

本試驗之靠船墩座因體積較大，當波浪通過墩座時，由於波浪水分子運動之相位差，墩座面對波浪之受力面所受之波壓力與其他受力面之波壓力並不相同，一般海中構造物由於體積較小在波長較長之情況下，前後受力面所受之波壓力變化不大可視為同一相位來處理，本試驗之靠船墩座前後深度相對於波長均在 0.1 以上，此時墩座前後受力面所受之波壓力相位差在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 左右，視入射波浪之特性而變，因此並不適合以一般之解析方法，即由理論計算在同一相位時波浪水分子速度或加速度兩者有一為零之狀況下求解 C_d 及 C_m 值，因此本試驗採用計算所得之最大波力來求解 C_d 及 C_m 值，其方法為將墩座分為三層，每層裝設 4 個波壓計共 12 個波壓計來求得試驗過程中之波壓時間序列，經計算求得模型墩座在沿著波浪方向瞬間

所受的波壓力向量和之時間序列，再選取此一總波力時間序列內之最大值作為作用於墩座之最大波壓力來推算 C_d 及 C_m 值，由於墩座附近之水深不大且由試驗資料顯示波壓力沿水深方向之變化量不大，因此可將墩座平行於海床以各層波壓計為中心分劃為三等份分別計算其受力面積及體積並將 Morison 公式（式 3-1）簡化如下：

$$F = \frac{1}{2} C_d \rho \sum_{n=1}^3 u |u| \Delta A_n + C_m \rho \sum_{n=1}^3 \dot{u} \Delta V_n \dots\dots (3-2)$$

式中 ΔA_n 為墩座三等分後各層垂直波向之截面積

ΔV_n 為墩座三等分後各層之體積

u 各層中心點波浪水分子之速度

$\dot{u}$ 各層中心點波浪水分子之加速度

波浪水分子之速度及加速度之理論解有線性波理論，Stokes 3 階，Stokes 5 階，Stream 函數等，本試驗原採用線性波理論計算，但結果並不理想其值較其他理論值偏低甚多，經採用 Stokes 五階及 Stream 函數計算，因二者所得之值甚為接近（圖 3-7、3-8、3-9、3-10），故本分析工作水分子加速度計算採用 Stokes 5 階理論。

本試驗之墩座由於體積較大，不同入射波浪作用下之 D/W 值（ D 為墩座受力面之橫軸寬， W 為波浪水分子作橢圓運動之長軸）為 $4.458 \sim 1.1084$ 較 0.2 超出甚多，故本試驗為慣性力顯著之情況，即墩座主要係受慣性力之作用，拖曳力對應於慣性力之比值很小約在 0.1 左右， C_d 值之變化對墩座總波力計算之影響遠較 C_m 值為小，對一已知之總波力， C_m 稍有變化， C_d 即產生甚大之變動，故解析時先假設 $C_d = 0$ 求出最大慣性力發生時之波浪相位，再將不同之 C_d 值代入計算求出各不同波浪條件下，此一相位之 C_m 值，結果如附錄所示， C_d 值之變

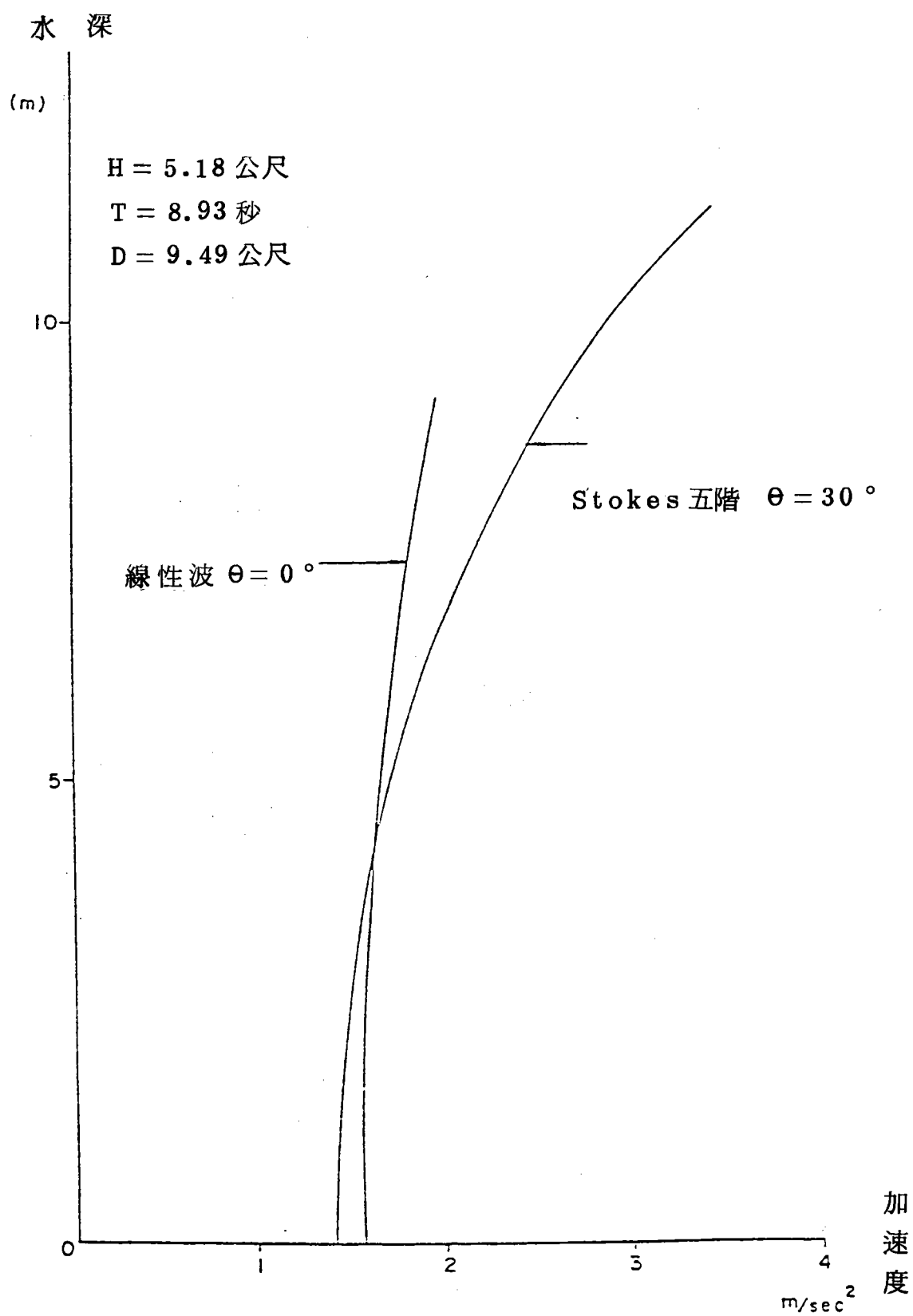


圖 3 - 7 線性波理論與 Stokes 五階計算所得之最大加速度比較表

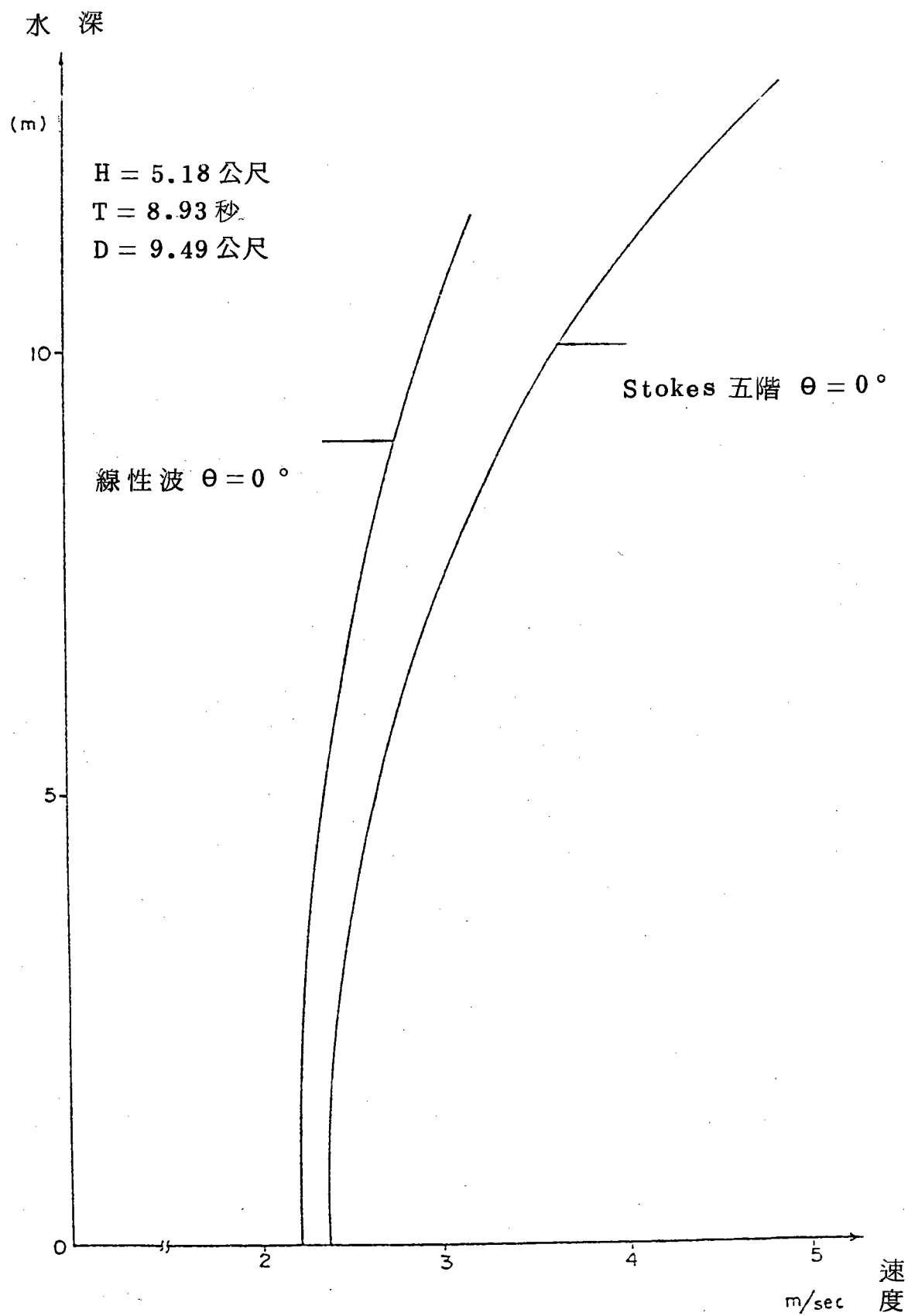


圖 3-8 線性波理論與 Stokes 五階計算所得之最大速度比較表

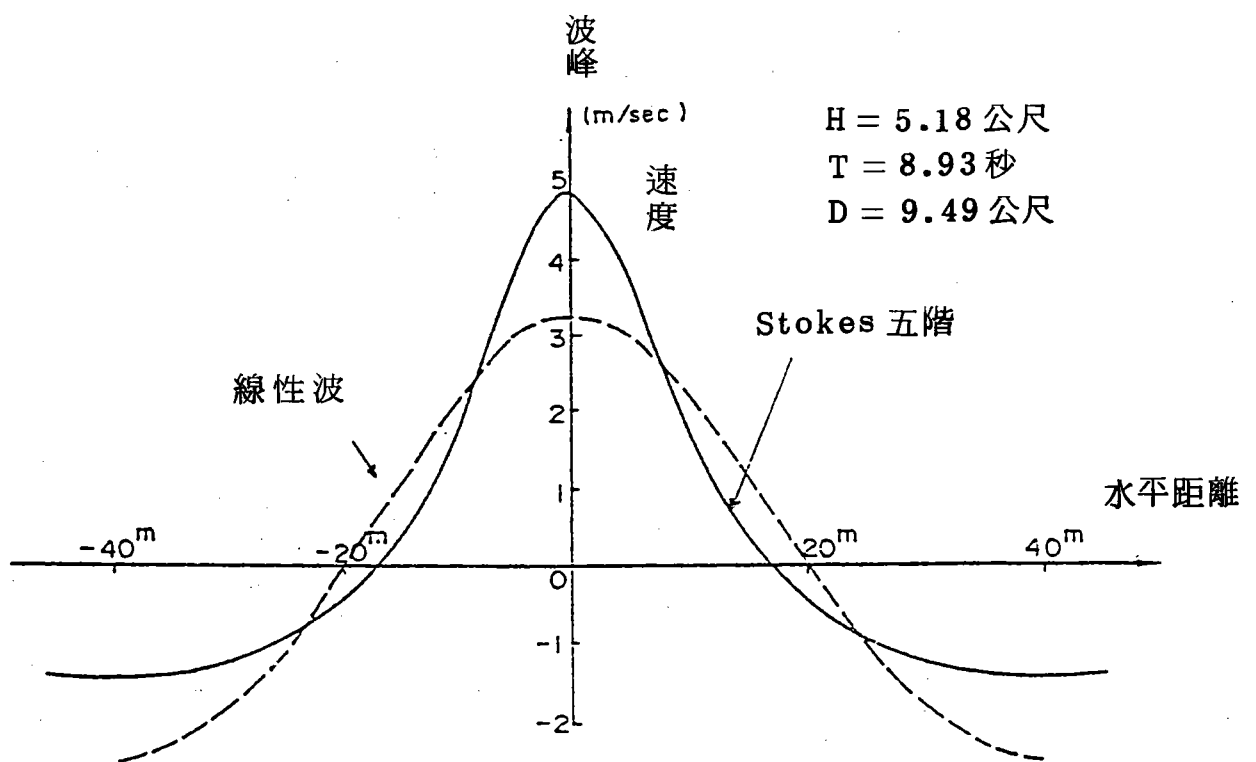


圖 3-9 線性波理論與 Stokes 五階計算所得之全波形速度比較表

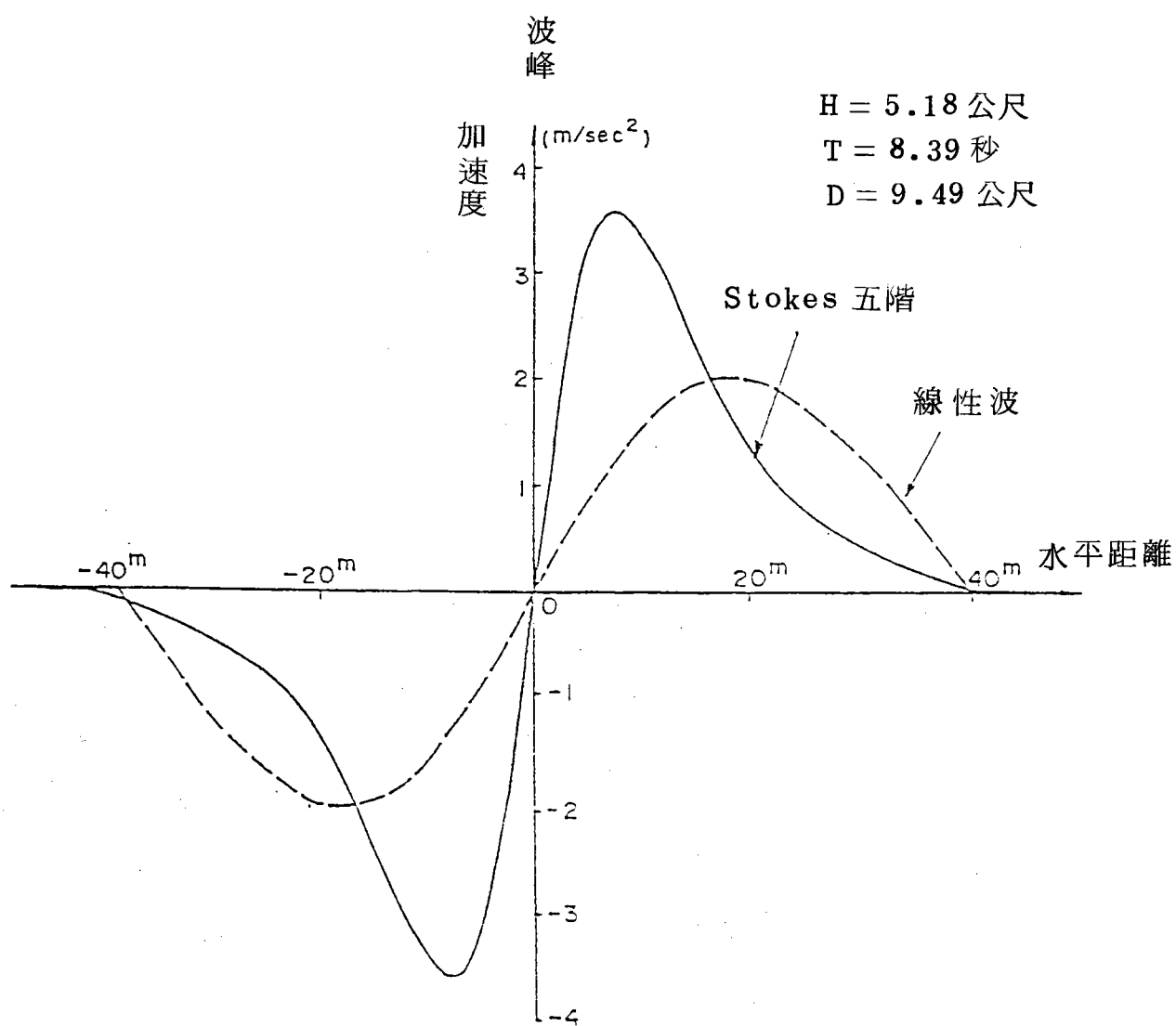


圖 3 - 10 線性波理論與 Stokes 五階計算所得之全波形加速度比較表

化對 C_m 值之影響不大，因此分析工作採用 $C_d=2.0$ 之設計 採用值代入求得不同波浪條件下之 C_m 值，以推估墩座之 C_m 值。

(2) 試驗結果分析

茲將依據上述分析方法不同之波浪條件下所得總波力按重力式多邊形墩座及樁基方形墩座表列如后：

A. 重力式多邊形

表 3 - 2 重力式多邊形墩座 $H_s=3.84\text{ cm}$, $T_s=1.08\text{ sec}$ 之波壓力分佈表

波浪條件		$H_s=3.84\text{ cm}$, $T_s=1.08\text{ sec}$ 總波力 24.36N/24.42N *			
波 壓		波 壓 計 號 碼			
		# 1	# 2	# 3	# 4
層 次	1	1.774 -1.860*	-1.128 1.257*	-1.538 1.523*	-1.736 1.909*
	2	1.684 -1.631*	-1.045 1.022*	-1.639 1.371*	-1.634 1.615*
	3	1.577 -1.492*	-1.058 0.929*	-1.521 1.364*	-1.632 1.615*
附註： " * " 代表波谷壓力，其他為波峰壓力					

表 3-3 重力式多邊形墩座 $H_s=10.61\text{ cm}$, $T_s=1.52\text{ sec}$
之波壓力分佈表

波浪條件		$H_s=10.61\text{ cm}$, $T_s=1.52\text{ sec}$ 總波力 71.65N/45.67N *			
波 壓		波 壓 計 號 碼			
		# 1	# 2	# 3	# 4
層 次	1	5.199 -3.272*	-3.058 2.190*	-4.114 2.409*	-4.580 0.290*
	2	5.340 -2.886*	-3.139 1.870*	-4.103 2.546*	-4.853 3.138*
	3	4.910 -2.702*	-3.098 1.831*	-4.631 2.645*	-4.782 3.368*
附註："*"代表波谷壓力，其他為波峰壓力					

圖 3-4 重力式多邊形墩座 $H_s=17.25\text{ cm}$, $T_s=1.63\text{ sec}$
之波壓力分佈表

波浪條件		$H_s=17.25\text{ cm}$, $T_s=1.63\text{ sec}$ 總波力 115.14N/58.18N*			
波 壓		波 壓 計 號 碼			
		# 1	# 2	# 3	# 4
層 次	1	9.843 -3.292*	-5.272 1.565*	-6.362 2.921*	-7.098 2.641*
	2	9.369 -4.013*	-5.013 2.540*	-5.484 3.549*	-7.287 4.575*
	3	8.555 -4.090*	-4.782 2.612*	-5.714 3.194*	-6.581 4.782*
附註："*"代表波谷壓力，其他為波峰壓力					

B. 方形樁基墩座

表 3 - 5 樁基方形墩座 $H_s = 3.84 \text{ cm}$, $T_s = 1.08 \text{ sec}$
波壓力分佈表

波浪條件		$H_s = 3.84 \text{ cm}$, $T_s = 1.08 \text{ sec}$ 總波力 28.02N/26.51N *	
波 壓		波 壓 計 號 碼	
		# 1	# 2
層 次	1	2.023 -1.660*	-1.937 2.057*
	2	1.898 -1.584*	-1.737 1.717*
	3	1.729 -1.753*	-1.631 1.576*
附註："*" 代表波谷壓力，其他為波峰壓力			

表 3 - 6 樁基方形墩座 $H_s = 10.16 \text{ cm}$, $T_s = 1.52 \text{ sec}$
波壓力分佈表

波浪條件		$H_s = 10.61 \text{ cm}$, $T_s = 1.52 \text{ sec}$ 總波力 84.95N/53.24N *	
波 壓		波 壓 計 號 碼	
		# 1	# 2
層 次	1	6.572 -3.318*	-5.195 3.296*
	2	4.667 -2.918*	-6.025 3.846*
	3	5.400 -3.304	-5.294 3.714*
附註："*" 代表波谷壓力，其他為波峰壓力			

表 3-7 樁基方形墩座 $H_s=17.25\text{ cm}$, $T_s=1.63\text{ sec}$
波壓力分佈表

波浪條件 Hs=17.25 cm, Ts=1.63sec 總波力 134.64N/70.03N *				
波 壓		波 壓 計 號 碼		
		# 1	# 2	
層 次	1	10.407 -4.448*	-8.390 3.223*	
	2	10.243 -8.426*	-8.425 5.185*	
	3	7.445 -3.746*	-7.928 5.400*	
附註：“*”代表波谷壓力，其他為波峰壓力				

根據以上之總波力及 Stokes 5 階計算所得之速度及加速度求解 C_m 之結果按重力式多邊形墩座及樁基方形墩座分別表列如后：

A. 重力式多邊形墩座

表 3-8 $C_d=0.0$ 重力式多邊形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波 浪 條 件	1	12.3	6.1	4.1	3.3	2.8	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.9	3.8	7.4
	2	9.8	5.3	3.8	3.1	2.9	2.8	2.9	3.2	3.6	4.2	6.0	10.0	21.1
	3	7.2	3.9	3.0	2.6	2.7	2.9	3.4	4.2	5.2	6.4	10.9	21.8	71.1

表 3-9 $C_d=1.0$ 重力式多邊形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波浪條件	1	12.0	6.0	4.1	3.2	2.8	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.8	3.8	7.5
	2	9.2	5.0	3.6	3.0	2.8	2.8	2.9	3.1	3.5	4.1	6.1	10.2	21.6
	3	6.4	3.5	2.8	2.6	2.6	2.9	3.4	4.2	5.2	6.5	11.0	22.4	73.2

表 3-10 $C_d=2.0$ 重力式多邊形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波浪條件	1	11.8	5.8	4.0	3.2	2.7	2.4	2.3	2.2	2.3	2.3	2.7	3.9	7.6
	2	8.6	4.7	3.4	2.9	2.8	2.8	2.9	3.1	3.5	4.1	6.2	10.4	22.2
	3	5.7	3.2	2.6	2.5	2.6	2.9	3.4	4.1	5.2	6.5	11.2	22.9	75.2

B. 橋基方形墩座

表 3-11 $C_d=0.0$ 橋基方形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波浪條件	1	17.1	8.5	5.7	4.6	3.8	3.4	3.2	3.1	3.2	3.3	3.9	5.4	10.5
	2	14.2	7.6	5.5	4.5	4.1	4.1	4.3	4.6	5.2	6.1	9.0	15.0	31.7
	3	10.3	5.5	4.2	3.8	3.8	4.2	4.9	6.0	7.7	9.5	16.0	32.4	111.3

表 3-12 $C_d=1.0$ 樁基方型墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波浪條件	1	16.8	8.4	5.7	4.5	3.8	3.4	3.4	3.2	3.2	3.3	3.9	5.4	10.6
	2	13.6	7.3	5.3	4.4	4.1	4.1	4.1	4.6	5.2	6.1	9.1	15.3	32.2
	3	9.5	5.2	4.0	3.7	3.8	3.8	4.2	6.0	7.7	9.5	16.2	33.3	113.4

表 3-13 $C_d=2.0$ 樁基方型墩座 C_m 值隨波浪相位變化

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波浪條件	1	16.6	8.3	5.6	4.5	3.8	3.4	3.3	3.2	3.2	3.3	3.9	3.5	10.7
	2	13.0	7.1	5.2	4.3	4.1	4.1	4.3	4.6	5.3	6.1	9.2	15.5	32.8
	3	8.8	4.9	3.9	3.6	3.7	4.2	4.9	6.1	7.7	9.6	16.4	33.5	115.6

由表中重力式多邊形墩座之 C_m 值 隨著波浪條件之不同
其值為 2.2~2.8，樁基方形墩座由於試驗時受力面垂直於
入射之波浪 C_m 值較大其值為 3.2~4.1。

(二) 總波力量測

1. 試驗步驟

進行總波力量測驗之前，除了須調整墩座內部填沙量使其在
水中恰為無重狀態外，最重要者為須作變位及受力之率定工作，
有關重力式多邊形墩座及樁基方形墩座之率定結果分別如圖 3-11
、 3-12，頗具線性。

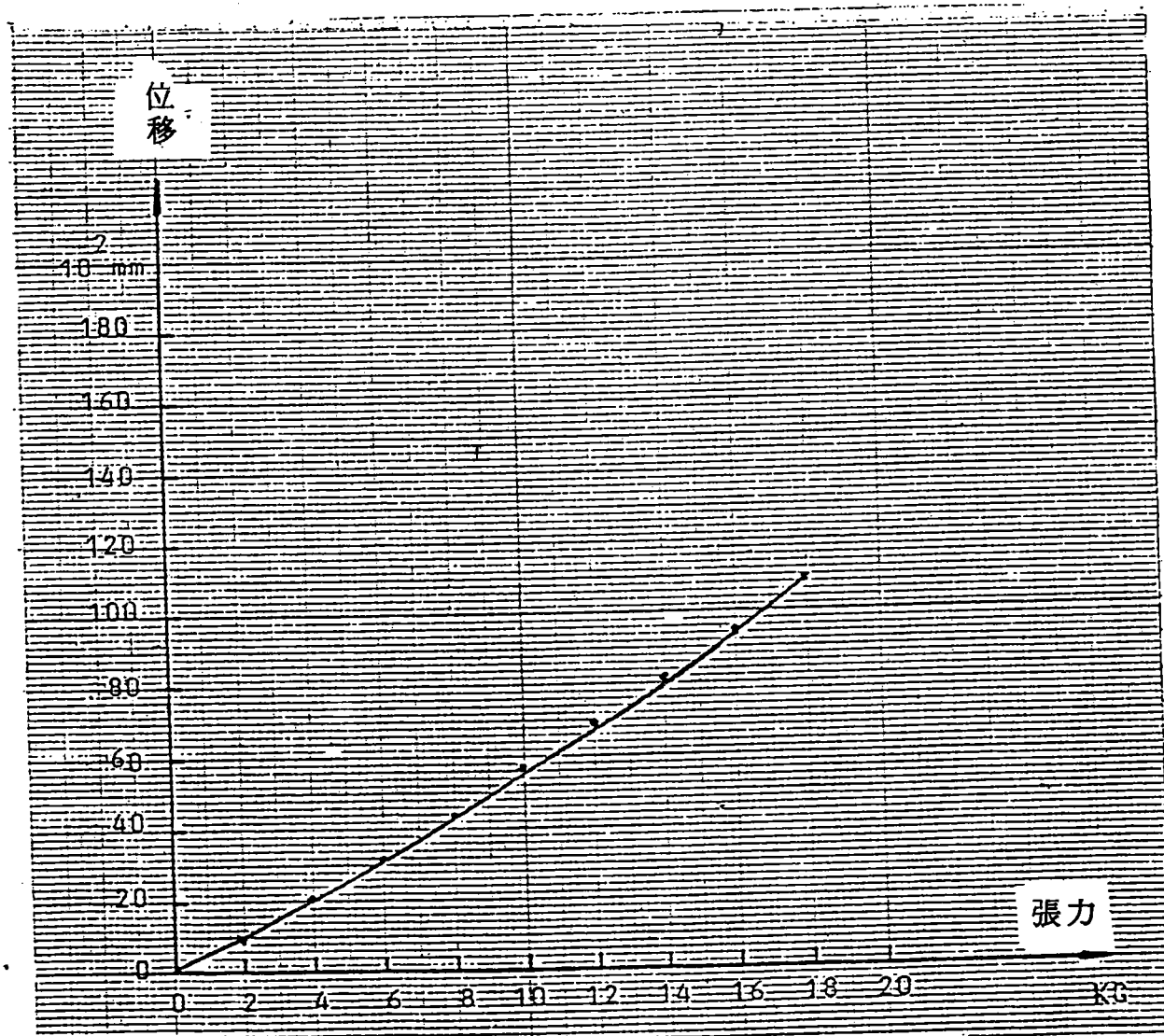


圖 3-11 重力式多邊形模型墩座變位與受力關係圖

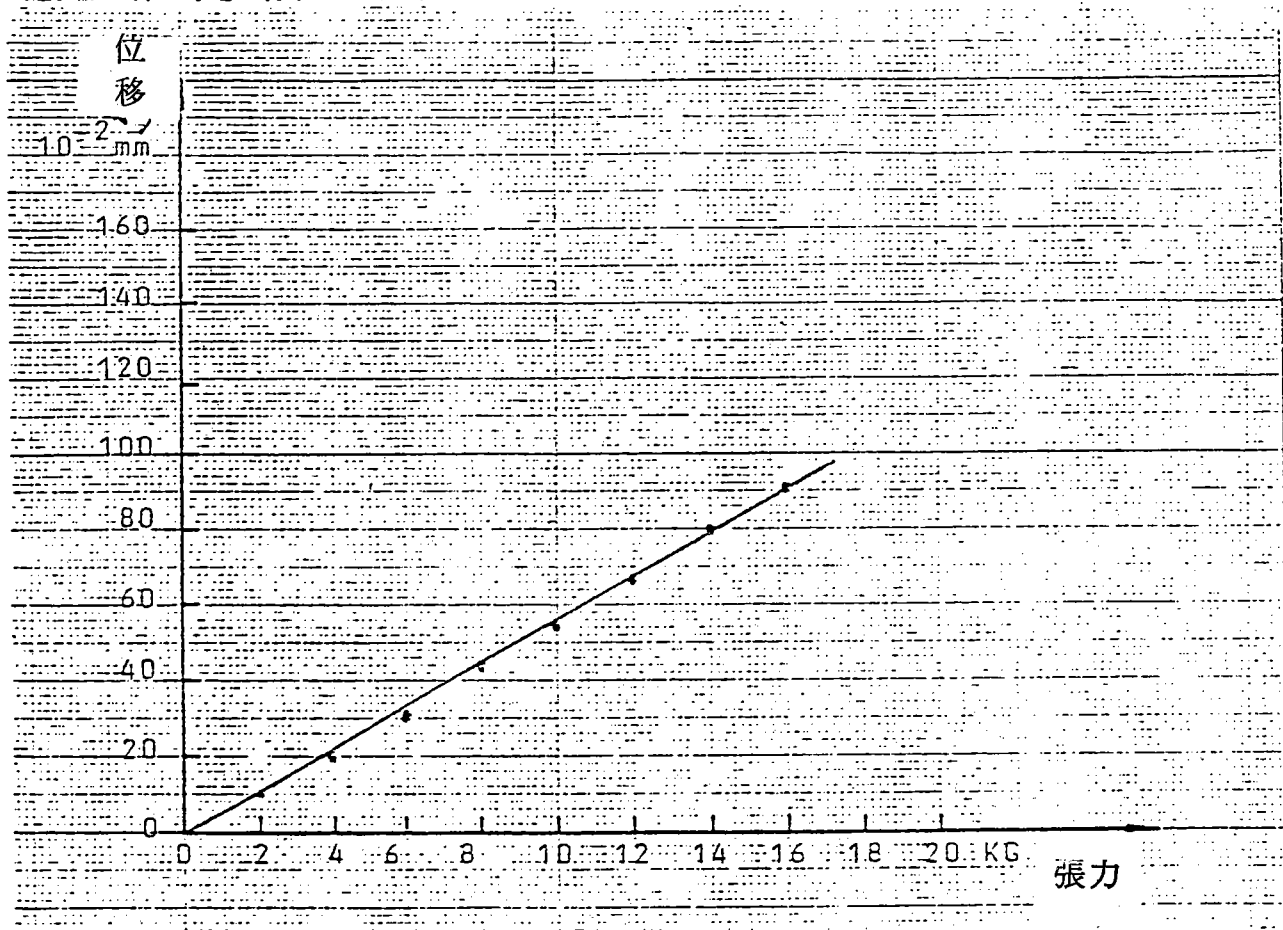


圖 3-12 樁基方形模型墩座變位與受力關係圖

2. 試驗結果分析

以下係將總波力量測試驗之結果，按重力式多邊形墩座以及樁基方形墩座分別列表如后：

表 3-14 重力式多邊形墩座總波力表

試 驗 條 件		絕 對 變 位 (mm)	變 位 範 圍 (mm)	由變位換算 總 波 力 (N)
波 高 <i>cm</i>	週 期 <i>sec</i>			
3.84	1.08	0.16	0.08~-0.08	27.44
10.61	1.52	0.25	0.28~-0.19	53.9
17.25	1.63	0.62	0.33~-0.29	107.8

表 3-15 樁基方形墩座總波力表

試 驗 條 件		絕 對 變 位 (mm)	變 位 範 圍 (mm)	由變位換算 總 波 力 (N)
波 高 <i>cm</i>	週 期 <i>sec</i>			
3.84	1.08	0.13	0.09~-0.09	24.50
10.61	1.52	0.29	0.18~-0.15	50.96
17.25	1.63	0.47	0.30~-0.17	84.28

根據以上之總波力及 Stokes 五階計算所得之速度及加速度
求解 C_m 之結果按重力式多邊形墩座及樁基形方形墩座表列如后

A . 重力式多邊形墩座

表 3-16 $C_d=0.0$ 重力式多邊形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波 浪 條 件	1	13.8	6.8	4.6	3.6	3.1	2.7	2.6	2.5	2.6	2.6	3.1	4.3	8.3
	2	7.3	3.9	2.8	2.3	2.1	2.1	2.2	2.3	2.6	3.1	4.5	7.5	15.8
	3	6.7	3.6	2.7	2.4	2.5	2.7	3.1	3.8	4.8	6.0	10.1	20.4	66.5

表 3-17 $C_d=1.0$ 重力多邊形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波 浪 條 件	1	13.5	6.7	4.5	3.6	3.1	2.7	2.6	2.5	2.6	2.6	3.1	4.3	8.4
	2	6.7	3.6	2.7	2.2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.7	3.1	4.6	7.7	16.4
	3	6.0	3.3	2.6	2.4	2.4	2.7	3.1	3.8	4.8	6.1	10.3	20.9	68.6

表 3-18 $C_d=2.0$ 重力式多邊形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波 浪 條 件	1	13.3	6.6	4.5	3.6	3.0	2.7	2.6	2.5	2.5	2.6	3.1	4.4	8.5
	2	6.1	3.4	2.5	2.1	2.0	2.0	2.2	2.3	2.7	3.1	4.7	8.0	16.9
	3	5.2	2.9	2.4	2.3	2.4	2.7	3.1	3.8	4.9	6.1	10.5	21.5	70.7

B. 樁基方形墩座

表 3-19 $C_d=0.0$ 樁基方形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波浪條件	1	14.9	7.4	5.0	4.0	3.3	3.0	2.8	2.8	2.8	2.9	3.4	4.7	9.2
	2	8.5	4.5	3.3	2.7	2.5	2.5	2.7	2.7	3.1	3.6	5.4	9.0	19.0
	3	6.4	3.4	2.6	2.4	2.4	2.6	3.1	3.8	4.8	5.9	10.0	20.3	69.6

表 3-20 $C_d=1.0$ 樁基方形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波浪條件	1	14.7	7.3	5.0	3.9	3.3	3.0	2.8	2.8	2.8	2.9	3.4	4.7	9.3
	2	7.9	4.3	3.1	2.6	2.4	2.4	2.5	2.7	3.1	3.7	5.4	9.2	19.5
	3	5.7	3.1	2.4	2.3	2.3	2.6	3.1	3.8	4.8	6.0	10.2	20.8	71.8

表 3-21 $C_d=2.0$ 樁基方形墩座 C_m 值隨波浪相位變化表

相 位		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	120°	140°	160°
波浪條件	1	14.5	7.2	4.9	3.9	3.3	3.0	2.8	2.8	2.8	2.9	3.4	4.8	9.3
	2	7.4	4.0	3.0	2.5	2.4	2.4	2.5	2.7	3.1	3.7	5.5	9.4	20.1
	3	5.0	2.8	2.3	2.2	2.6	2.6	3.1	3.8	4.8	6.0	10.4	21.4	74.0

四、試驗結果討論及分析

- (一)興達靠船墩座由於體積較為龐大，當波浪來襲時，對靠船墩座所產生之力量係以慣性力為主，拖曳力祇佔其中之一小部份，故本試驗係採用一般採用之 $C_d=2.0$ ，求解其對應之 C_m 值。
- (二)由於試驗過程中採用兩種不同之裝置量取總波力，其結果並不完全一致（如表 3-22、3-23 所示），由總波力量測所得之值較由波壓推所得之值為低，其所求得之 C_m 值亦相對較低，如表 3-24、3-25 示，限於模型墩座之面積，在模型上所能裝設之波壓計有限，無法將波壓隨水深變化之特性完全表露，故波壓力量測雖可求得模型受波浪沖速時壓力之局部變化情形，據此推算總波力如測點較少時，精確度可能受到限制。

表 3-22 多邊形墩座不同裝置所量取之波力比較表

裝置 波浪條件	波 壓 法	總 波 力 法
1	24.36N	27.44N
2	71.65N	53.90N
3	115.14N	107.8 N

表 3-23 方形墩座不同裝置所量取之波力比較表

裝置 波浪條件	波 壓 法	總 波 力 法
1	28.02N	24.54N
2	84.95N	50.96N
3	134.64N	84.28N

表 3-24 多邊形墩座不同裝置 $C_d = 2.0$ 時之 C_m 值

裝置 波浪條件	波 壓 法	總 波 力 法
1	2.2	2.5
2	2.8	2.0
3	2.5	2.3

表 3-25 方形墩座不同裝置 $C_d = 2.0$ 時之 C_m 值

裝置 波浪條件	波 壓 法	總 波 力 法
1	3.2	2.8
2	4.1	2.4
3	3.6	2.2

第四章 結論與建議

本次興達卸煤碼頭靠船墩座水工模型試驗分為兩個階段，第一階段係以不規則波驗證北側多邊形靠船墩座之穩定性；第二階段為以規則波校核南側樁基方形及北側多邊形靠船墩座受波浪作用時以 Morison 公式計算波力時採用之拖曳力係數 (C_d) 及慣性力係數 (C_m)，茲將試驗之結論及建議分述於后：

(一) 結論

1. 北側多邊形靠船墩座穩定性試驗結果顯示，現場之墩座在墩前最大波高 6.75 公尺，示性波高 5.4 公尺，示性週期 12.54 秒之波浪作用下，墩頂位移僅為 1.57 mm，傾側角度僅 29.44"，墩座非常之穩定，其位移可能為模型材質之關係，可證實北側多邊形靠船墩座在設計波浪作用下，其位移量非常之微小，墩座幾乎處於不動之狀態，安定性非常高。
2. C_d 、 C_m 校核試驗顯示樁基式方形墩座及重力式多邊形墩座在 $C_d=2.0$ 之狀況下， C_m 值分別為 2.47 及 2.26 雖較設計所採用之 2.0 為大，但因現場與模型之波浪水分子流場之特性並不完全一致，且試驗過程中墩前波浪並未受其他海中結構物之干擾，與現場實際情況不盡相同，另設計時並未考慮墩座基礎之被動土壓力及原有之鋼管樁所能抵抗之力量，故原設計採用 $C_d=2.0$ ， $C_m=2.0$ 雖較試驗所得之值較小，但墩座整體設計仍在一安全範圍內。

(二) 建議

試驗結果顯示，多邊形墩座由於較方形墩座接近圓柱體，在相同波浪條件下所受之波力較小，故設計海中構造物時其形狀應以接近圓柱體為宜以降低波浪之作用力。

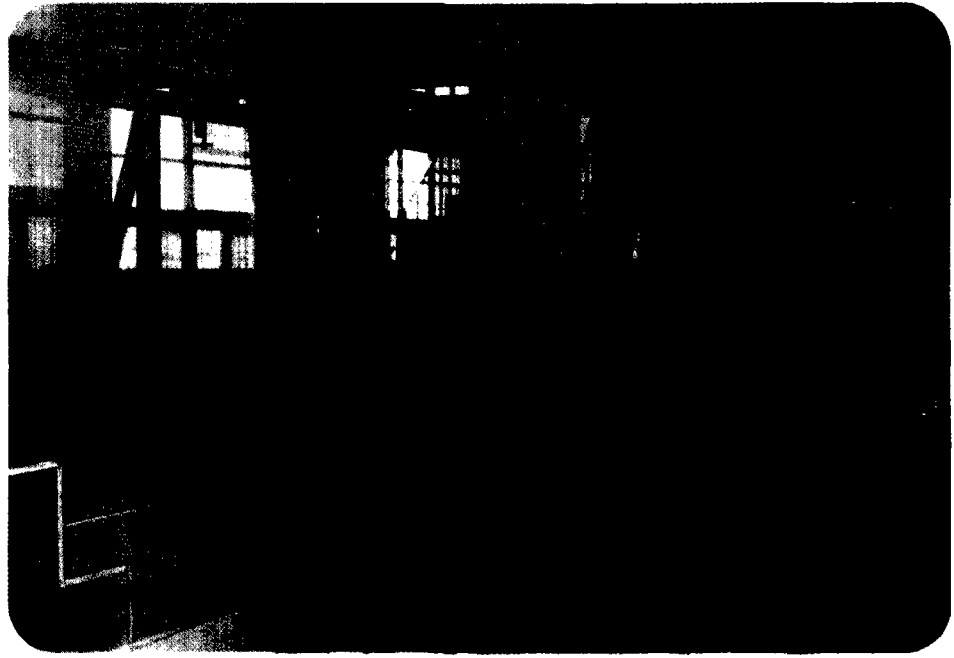
参 考 文 献

- (1) Sarpkaya Isaacson.
" Mechanics of wave Force Dffshore Structures " , 1981.
- (2) Robert G. Dean & Robert A. Dalrymple.
" Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists " , 1984.
- (3) Atkins Research and Development,
" Dynamics of Marine Structures :
Methods of Calculating the Dynamic Response of Fixed
Structures subject to Wave and Current Action " , 1978.

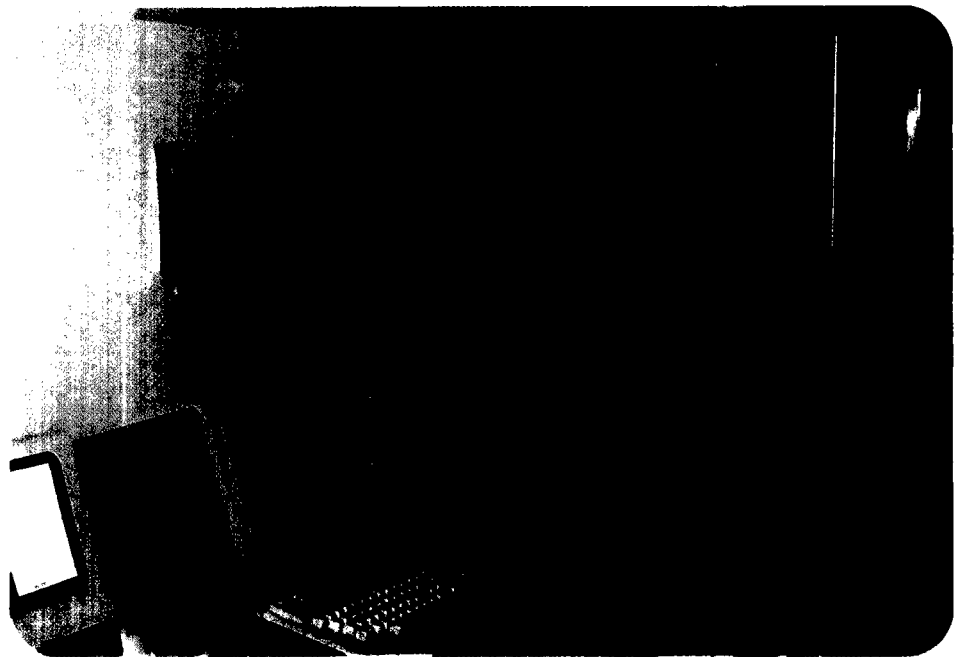
附

錄

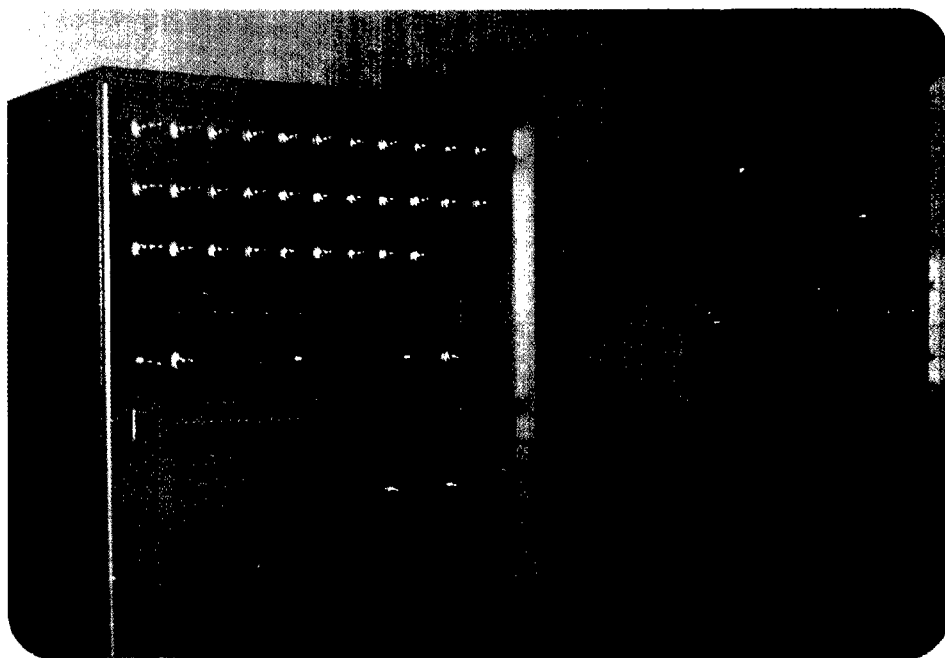
(一)
試
驗
照
片



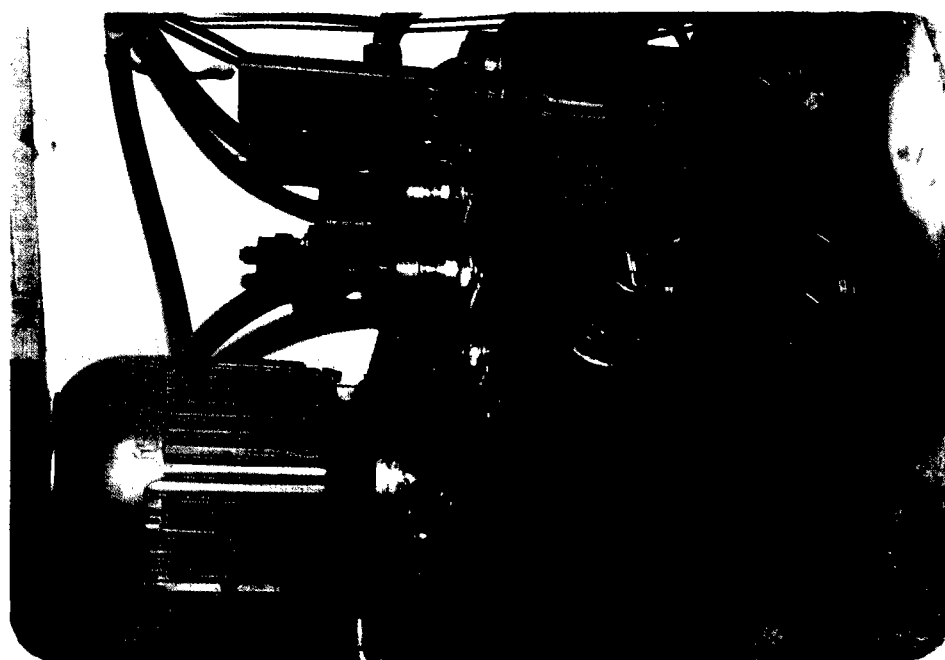
照 片 A - 1 風 洞 斷 面 水 槽



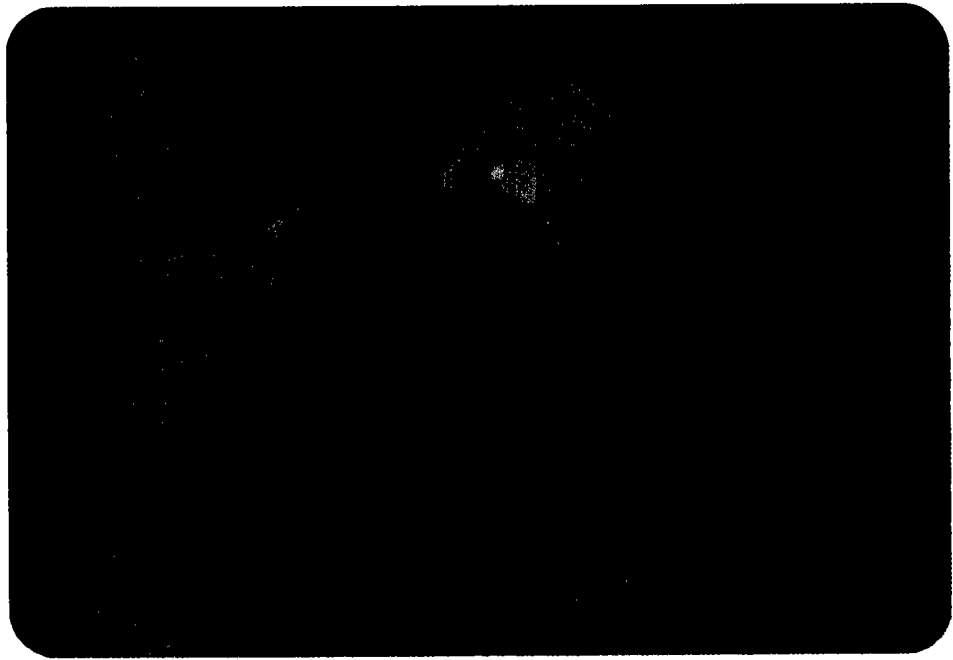
照 片 A - 2 H P - 1 0 0 0 電 腦



照 片 A - 3 不 規 則 造 波 機 主 控 箱



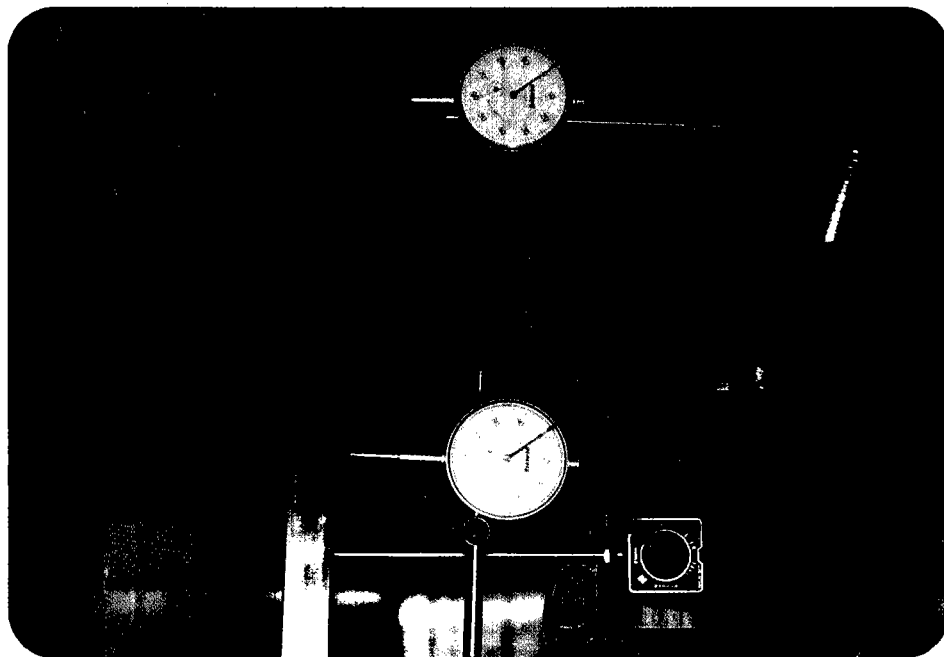
照 片 A - 4 不 規 則 造 波 機 油 壓 系 統



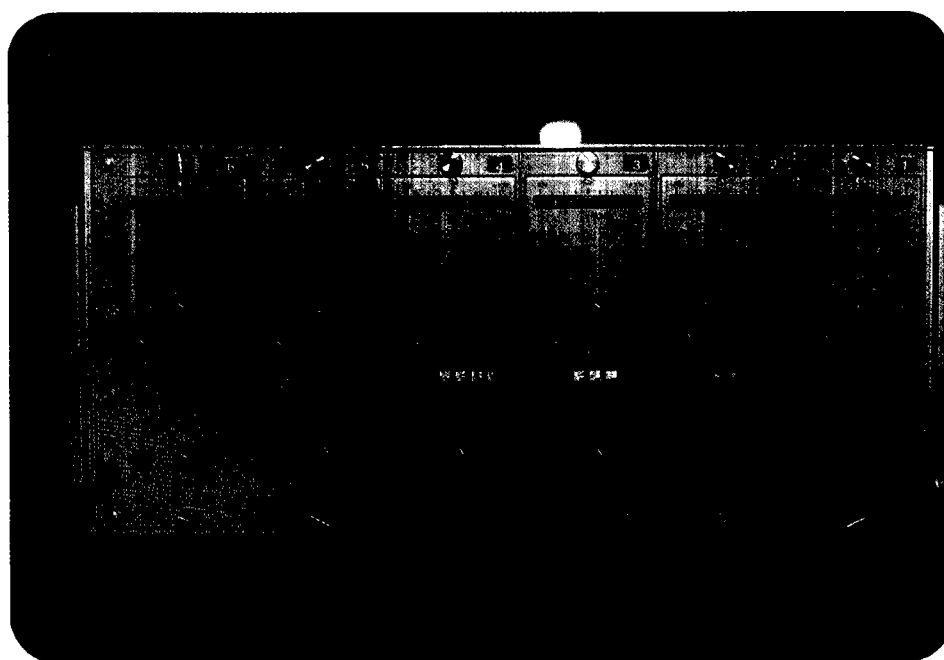
照 片 A — 5 北側船席重力式多邊形墩座模型



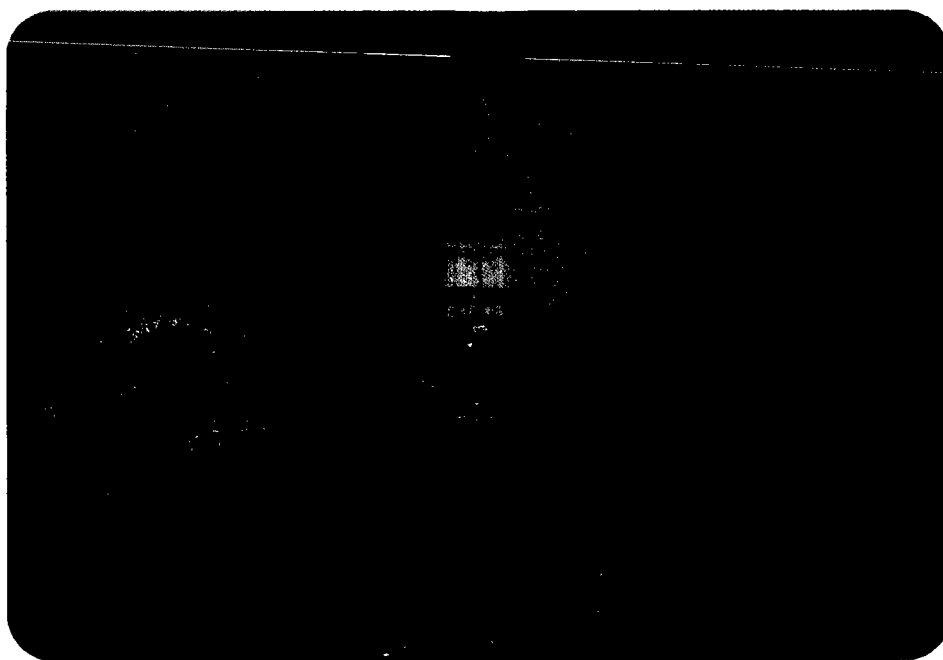
照 片 A — 6 波浪作用下之墩座模型



照 片 A - 7 位 移 計



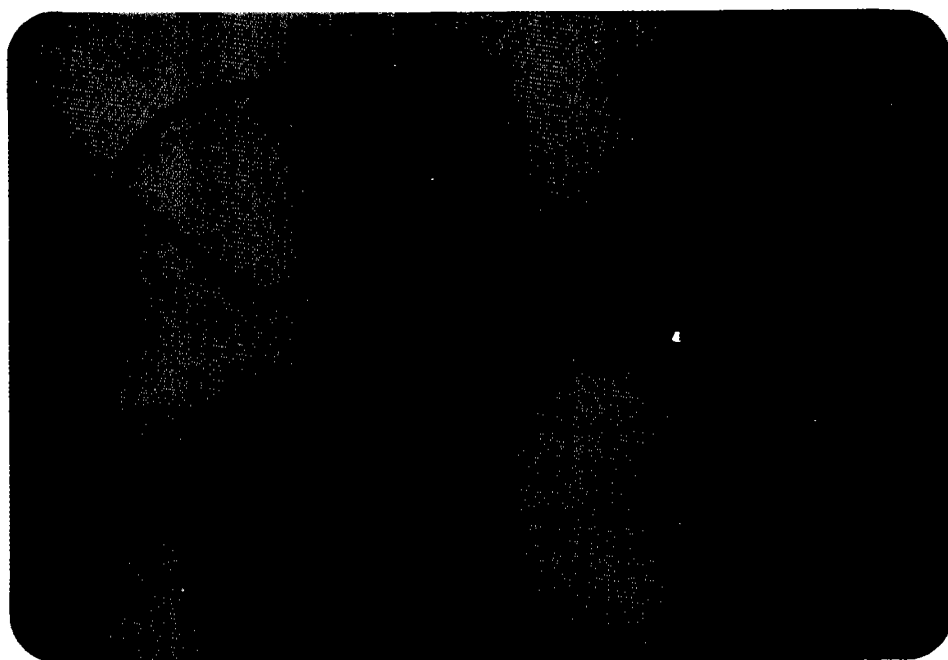
照 片 A - 8 信 號 增 幅 器



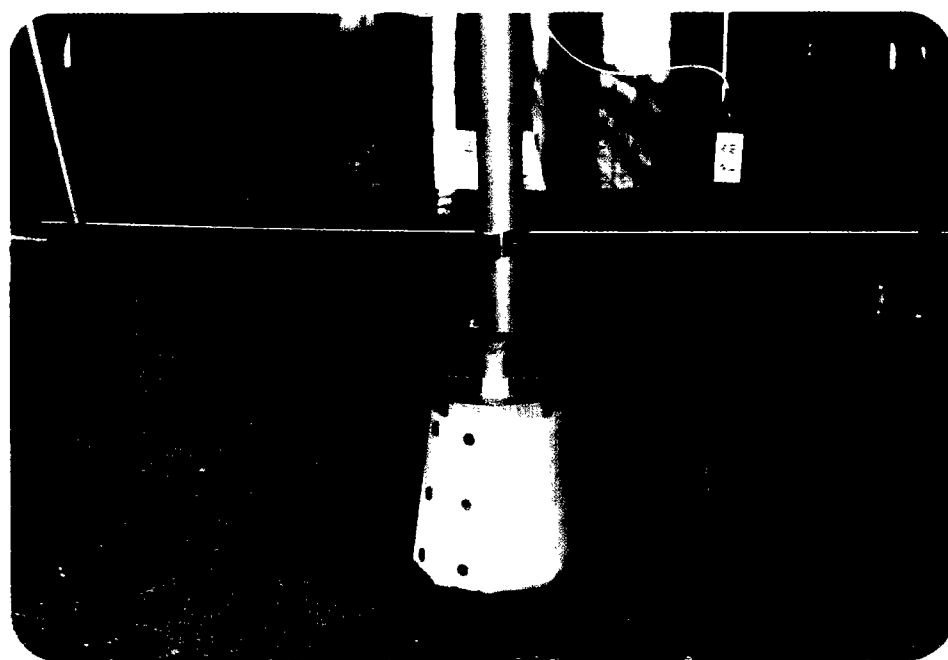
照 片 A - 9 波 高 計



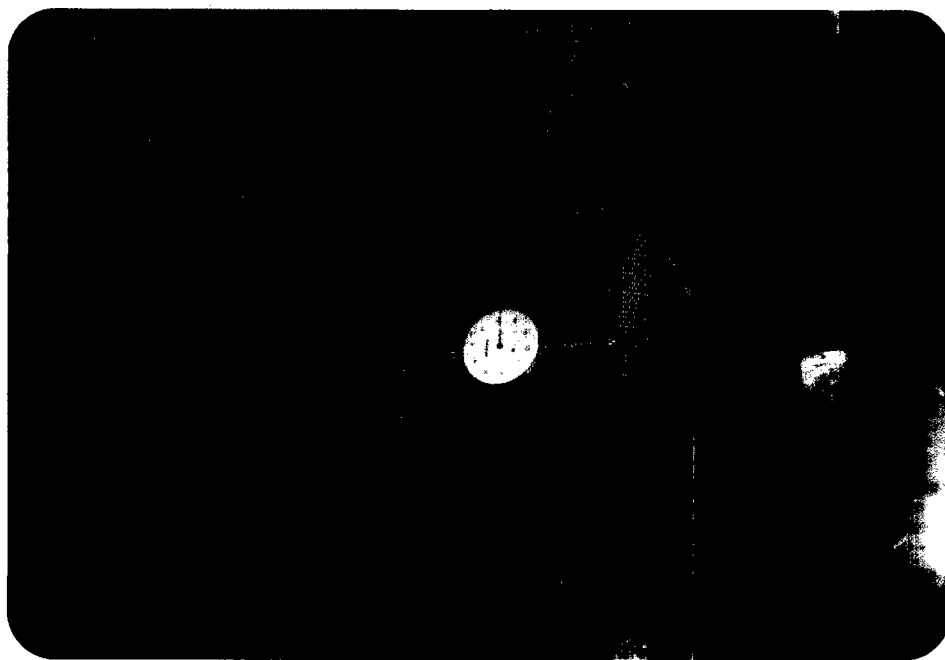
照 片 A - 10 波高信號增幅器



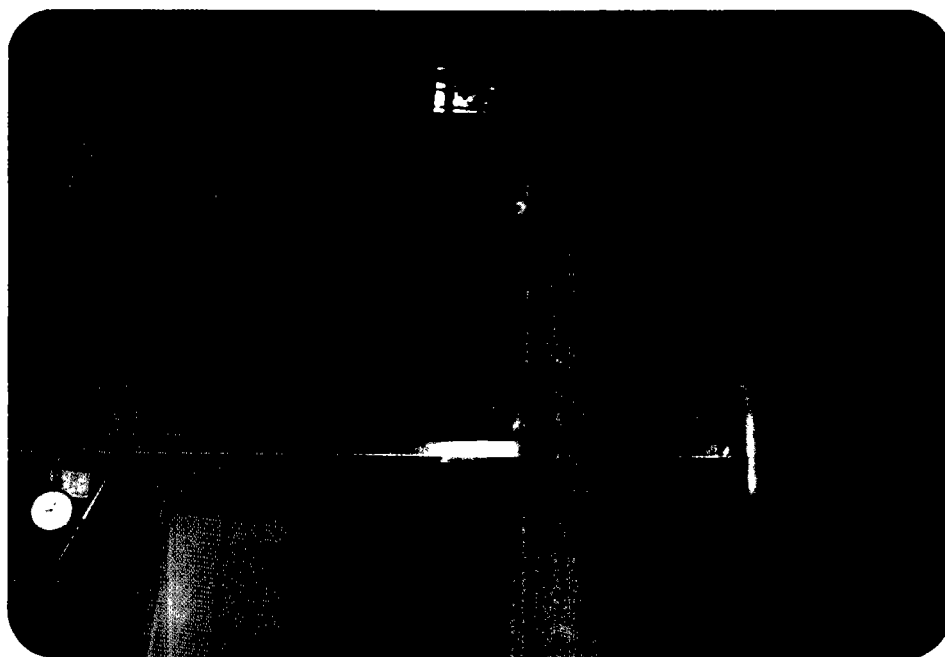
照 片 A - 11 波 壓 計



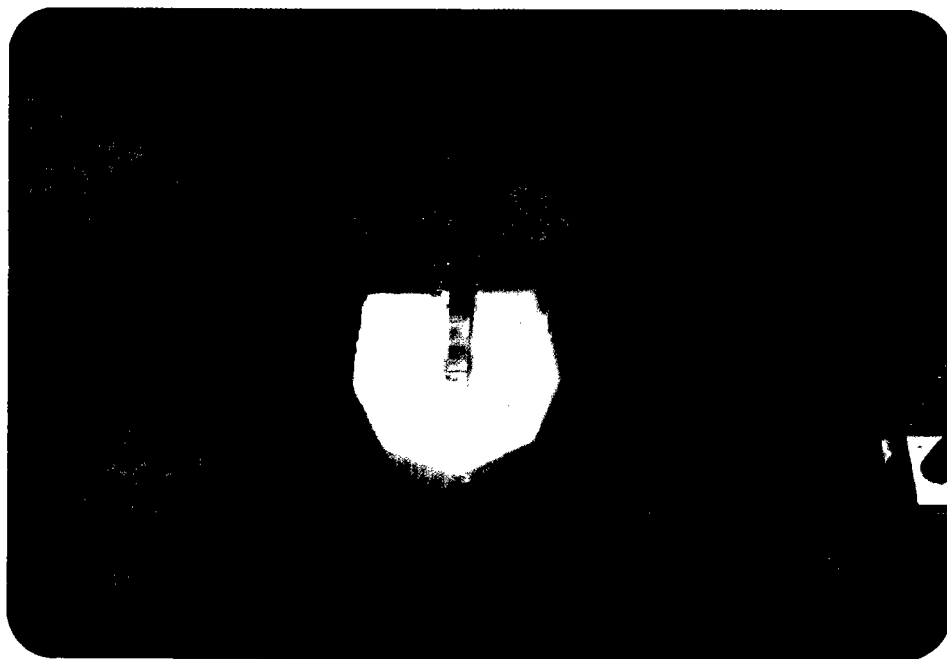
照 片 A - 12 波 壓 量 測 試 驗 佈 置



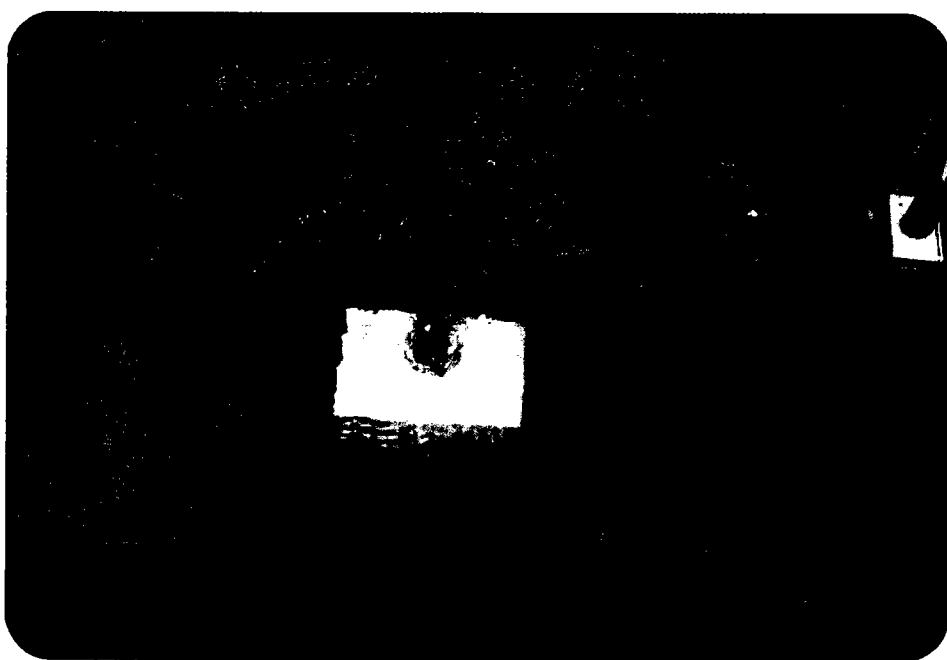
照 片 A - 13 測 總 波 力 之 位 移 計



照 片 A - 14 總 波 力 量 測 試 驗 佈 置



照 片 A — 15 重力式多邊形墩座在波浪作用下之情形



照 片 A — 16 樁基方形墩座在波浪作用下之情形

(二) 由波壓力分佈所得之波力計算 C_m 值之電腦輸出

電 腦 輸 出 式 說 明

(1) 本輸出以 * * * 號分隔為兩部份，上半部為重力式多邊形墩座，下半部為樁基方形墩座隨波浪相位變化之 C_m 值。

(2) 每一部份再分三小部份對應於不同之波浪條件即

$$H_s = 3.84 \text{ cm} \quad T_s = 1.08 \text{ sec}$$

$$H_s = 10.16 \text{ cm} \quad T_s = 1.52 \text{ sec}$$

$$H_s = 17.52 \text{ cm} \quad T_s = 1.63 \text{ sec}$$

(3) 每一小部份有 30 個數據分別對應之波浪相位角為

-180	-160	-140	-120	-100	-90	-80	-70	-60	-50
-40	-30	-20	-10	0	0	+10	+20	+30	+40
+50	+60	+70	+80	+90	+100	+100	+140	+160	+180

CD=0.00

99.999	-7.445	-3.848	-2.726	-2.309	-2.304	-2.257	-2.344	-2.453	-2.774
-3.275	-4.123	-5.857	-12.255	99.999	99.999	12.255	6.054	4.123	3.275
2.774	2.457	2.344	2.257	2.304	2.358	2.768	3.848	7.445	99.999

99.999	-21.113	-10.050	-6.043	-4.151	-3.584	-3.163	-2.944	-2.833	-2.867
-3.138	-3.798	-5.273	-9.795	99.999	99.999	9.795	5.273	3.798	3.128
2.867	2.833	2.944	3.163	3.584	4.151	6.043	10.043	21.113	99.999

99.999	-71.079	-21.792	-10.853	-6.461	-5.199	-4.150	-3.410	-2.950	-2.672
-2.656	-2.968	-3.873	-7.252	99.999	99.999	7.252	3.905	2.968	2.656
2.672	2.924	3.410	4.150	5.199	6.461	10.853	21.792	71.079	99.999

99.999	-10.528	-5.438	-3.849	-3.251	-3.243	-3.170	-3.288	-3.447	-3.885
-4.604	-5.788	-8.253	-17.104	99.999	99.999	17.104	8.522	5.788	4.604
3.885	3.452	3.288	3.170	3.243	3.329	3.907	5.438	10.528	99.999

99.999	-31.734	-15.098	-9.028	-6.152	-5.293	-4.655	-4.315	-4.139	-4.180
-4.566	-5.513	-7.655	-14.218	99.999	99.999	14.218	7.655	5.513	4.550
4.180	4.139	4.315	4.655	5.293	6.152	9.028	15.089	31.734	99.999

99.999	-111.340	-32.467	-16.082	-9.536	-7.674	-6.088	-4.967	-4.275	-3.846
-3.809	-4.243	-5.520	-10.321	99.999	99.999	10.321	5.570	4.243	3.809
3.846	4.234	4.967	6.088	7.674	9.536	16.082	32.467	111.340	99.999

CD=1.00

99.999	-7.546	-3.883	-2.738	-2.311	-2.304	-2.256	-2.341	-2.443	-2.755
-3.243	-4.069	-5.766	-12.033	99.999	99.999	12.033	5.960	4.069	3.243
2.755	2.447	2.341	2.256	2.304	2.360	2.780	3.883	7.546	99.999

99.999	-21.703	-10.276	-6.128	-4.172	-3.590	-3.163	-2.939	-2.815	-2.824
-3.053	-3.645	-4.997	-9.201	99.999	9.999	9.201	4.997	3.645	3.043
2.824	2.815	2.939	3.163	3.590	4.172	6.128	10.270	21.662	99.999

99.999	-73.158	-22.365	-11.063	-6.524	-5.228	-4.156	-3.409	-2.939	-2.633
-2.569	-2.795	-3.541	-6.483	99.999	99.999	6.483	3.570	2.795	2.569
2.633	2.913	3.409	4.156	5.228	6.524	11.063	22.365	73.158	99.999

99.999	-10.624	-5.471	-3.860	-3.253	-3.243	-3.169	-3.285	-3.438	-3.867
-4.574	-5.737	-8.166	-16.896	99.999	99.999	16.896	8.433	5.737	4.574
3.867	3.443	3.285	3.169	3.243	3.330	3.918	5.471	10.624	99.999

99.999	-32.313	-15.320	-9.111	-6.172	-5.299	-4.655	-4.311	-4.121	-4.138
-4.485	-5.369	-7.394	-13.654	99.999	99.999	13.654	7.394	5.369	4.470
4.138	4.121	4.311	4.655	5.299	6.172	9.111	15.311	32.273	99.999

99.999	-113.496	-33.032	-16.289	-9.598	-7.702	-6.094	-4.967	-4.265	-3.810
-3.726	-4.079	-5.206	9.597	99.999	99.999	9.597	5.254	4.079	3.726
3.810	4.223	4.967	6.094	7.702	9.598	16.289	33.032	113.496	99.999

CD=1.50

99.999	-7.596	-3.901	-2.743	-2.311	-2.304	-2.255	-2.339	-2.438	-2.745
-3.227	-4.042	-5.721	-11.923	99.999	99.999	11.923	5.913	4.042	3.227
2.745	2.443	2.339	2.255	2.304	2.361	2.785	3.901	7.596	99.999

99.999	-21.998	-10.389	-6.171	-4.182	-3.593	-3.163	-2.937	-2.806	-2.802
-3.011	-3.569	-4.859	-8.904	99.999	99.999	8.904	4.859	3.569	3.001
2.802	2.806	2.937	3.163	3.593	4.182	6.171	10.383	21.937	99.999

99.999	-74.197	-22.651	-11.169	-6.555	-5.243	-4.159	-3.409	-2.933	-2.614
-2.526	-2.708	-3.375	-6.098	99.999	99.999	6.098	3.403	2.708	2.526
2.614	2.908	3.409	4.159	5.243	6.555	11.169	22.651	74.197	99.999

99.999	-10.672	-5.488	-3.865	-3.254	-3.243	-3.168	-3.283	-3.433	-3.858
-4.558	-5.712	-8.123	-16.792	99.999	99.999	16.792	8.389	5.712	4.558
3.858	3.438	3.283	3.168	3.243	3.331	3.923	5.488	10.672	99.999

99.999	-32.603	-15.431	-9.153	-6.182	-5.302	-4.655	-4.309	-4.113	-4.117
-4.444	-5.297	-7.264	-13.372	99.999	99.999	13.372	7.264	5.297	4.429
4.117	4.113	4.309	4.655	5.302	6.182	9.153	15.422	32.543	99.999

99.999	-114.574	-33.314	-16.392	-9.629	-7.716	-6.097	-4.966	-4.259	-3.791
-3.684	-3.997	-5.050	-9.234	99.999	99.999	9.234	5.096	3.997	3.684
3.791	4.218	4.966	6.097	7.716	9.629	16.392	33.314	114.574	99.999

CD=1.60

99.999	-7.606	-3.904	-2.745	-2.312	-2.304	-2.255	-2.338	-2.437	-2.743
-3.224	-4.036	-5.712	-11.900	99.999	99.999	11.900	5.903	4.036	3.224
2.743	2.442	2.338	2.255	2.304	2.361	2.787	3.904	7.606	99.999

99.999	-22.057	-10.412	-6.180	-4.184	-3.594	-3.163	-2.937	-2.804	-2.797
-3.002	-3.554	-4.832	-8.844	99.999	99.999	8.844	4.832	3.554	2.992
2.797	2.804	2.937	3.163	3.594	4.184	6.180	10.406	21.992	99.999

99.999	-74.405	-22.708	-11.190	-6.562	-5.245	-4.160	-3.409	-2.932	-2.610
-2.517	-2.691	-3.342	-6.021	99.999	99.999	6.021	3.369	2.691	2.517
2.610	2.907	3.409	4.160	5.245	6.562	11.190	22.708	74.405	99.999

99.999	-10.681	-5.491	-3.866	-3.254	-3.243	-3.168	-3.283	-3.432	-3.856
-4.555	-5.706	-8.115	-16.771	99.999	99.999	16.771	8.380	5.706	4.555
3.856	3.437	3.283	3.168	3.243	3.331	3.924	5.491	10.681	99.999

99.999	-32.661	-15.453	-9.161	-6.184	-5.303	-4.655	-4.308	-4.111	-4.113
-4.436	-5.282	-7.237	-13.316	99.999	99.999	13.316	7.237	5.282	4.421
4.113	4.111	4.308	4.655	5.303	6.184	9.161	15.444	32.597	99.999

99.999	-114.789	-33.371	-16.413	-9.635	-7.719	-6.098	-4.966	-4.258	-3.787
-3.676	-3.981	-5.018	-9.162	99.999	99.999	9.162	5.064	3.981	3.676
3.787	4.217	4.966	6.098	7.719	9.635	16.413	33.317	114.789	99.999

CD=1.70

99.999	-7.616	-3.908	-2.746	-2.312	-2.304	-2.255	-2.338	-2.436	-2.741
-3.221	-4.031	-5.703	-11.878	99.999	99.999	11.878	5.894	4.031	3.221
2.741	2.441	2.338	2.255	2.304	2.361	2.788	3.908	7.616	99.999

99.999	-22.116	-10.435	-6.188	-4.186	-3.594	-3.163	-2.936	-2.802	-2.793
-2.994	-3.539	-4.804	-8.785	99.999	99.999	8.785	4.804	3.539	2.984
2.793	2.802	2.936	3.163	3.594	4.186	6.188	10.428	22.047	99.999

99.999	-74.612	-22.765	-11.211	-6.568	-5.248	-4.161	-3.409	-2.931	-2.606
-2.508	-2.674	-3.308	-5.945	99.999	99.999	5.945	3.336	2.674	2.508
2.606	2.905	3.409	4.161	5.248	6.568	11.211	22.765	74.612	99.999

99.999	-10.691	-5.495	-3.867	-3.254	-3.243	-3.168	-3.282	-3.431	-3.854
-4.552	-5.701	-8.106	-16.750	99.999	99.999	16.750	8.371	5.701	4.552
3.854	3.436	3.282	3.168	3.243	3.331	3.925	5.495	10.691	99.999

99.999	-32.718	-15.476	-9.170	-6.186	-5.303	-4.655	-4.308	-4.109	-4.109
-4.428	-5.268	-7.211	-13.260	99.999	99.999	13.260	7.211	5.268	4.413
4.109	4.109	4.30	4.655	5.303	6.186	9.170	15.466	32.650	99.999

99.999	-115.005	-33.427	-16.433	-9.641	-7.722	-6.098	-4.966	-4.257	-3.784
-3.668	-3.964	-4.987	-9.089	99.999	99.999	9.089	5.033	3.964	3.668
3.784	4.216	4.966	6.098	7.722	9.641	16.433	33.427	115.005	99.999

CD=1.80

99.999	-7.626	-3.911	-2.747	-2.312	-2.304	-2.255	-2.338	-2.435	-2.740
-3.218	-4.025	-5.694	-11.856	99.999	99.999	11.856	5.884	4.025	3.218
2.740	2.440	2.338	2.255	2.304	2.361	2.789	3.911	7.626	99.999

99.999	-22.175	-10.457	-6.197	-4.188	-3.595	-3.163	-2.936	-2.800	-2.789
-2.985	-3.523	-4.777	-8.725	99.999	99.999	8.725	4.777	3.523	2.975
2.789	2.800	2.936	3.163	3.595	4.188	6.197	10.451	22.101	99.999

99.999	-74.820	-22.823	-11.232	-6.574	-5.251	-4.161	-3.409	-2.930	-2.602
-2.499	-2.656	-3.275	-5.868	99.999	99.999	5.868	3.302	2.656	2.499
2.602	2.904	3.409	4.161	5.251	6.574	11.232	22.823	74.820	99.999

99.999	-10.701	-5.498	-3.868	-3.254	-3.243	-3.168	-3.282	-3.430	-3.853
-4.549	-5.696	-8.097	-16.730	99.999	99.999	16.730	8.362	5.696	4.549
3.853	3.436	3.282	3.168	3.243	3.331	3.926	5.498	10.701	99.999

99.999	-32.776	-15.498	-9.178	-6.188	-5.304	-4.655	-4.307	-4.108	-4.105
-4.420	-5.253	-7.185	-13.203	99.999	99.999	13.203	7.185	5.253	4.405
4.105	4.108	4.307	4.655	5.304	6.188	9.178	15.488	32.704	99.999

99.999	-115.220	-33.484	-16.454	-9.647	-7.725	-6.099	-4.966	-4.256	-3.780
-3.660	-3.948	-4.956	-9.017	99.999	99.999	9.017	5.001	3.948	3.660
3.780	4.214	4.966	6.099	7.725	9.647	16.454	33.484	115.220	99.999

CD=1.90

99.999	-7.636	-3.915	-2.748	-2.312	-2.304	-2.255	-2.337	-2.434	-2.738
-3.215	-4.020	-5.684	-11.834	99.999	99.999	11.834	5.875	4.020	3.215
2.738	2.439	2.337	2.255	2.304	2.361	2.790	3.915	7.636	99.999

99.999	-22.234	-10.480	-6.205	-4.191	-3.596	-3.163	-2.935	-2.799	-2.784
-2.977	-3.508	-4.749	-8.666	99.999	99.999	8.666	4.749	3.508	2.967
2.748	2.799	2.935	3.163	3.596	4.191	6.205	10.474	22.156	99.999

99.999	-75.028	-22.880	-11.253	-6.581	-5.254	-4.162	-3.409	-2.929	-2.598
-2.491	-2.639	-3.242	-5.791	99.999	99.999	5.791	3.269	2.639	2.491
2.598	2.903	3.409	4.162	5.254	6.581	11.253	22.880	75.028	99.999

99.999	-10.710	-5.501	-3.870	-3.254	-3.243	-3.168	-3.282	-3.430	-3.851
-4.546	-5.691	-8.089	-16.709	99.999	99.999	16.709	8.353	5.691	4.546
3.851	3.435	3.282	3.168	3.243	3.331	3.928	5.501	10.710	99.999

99.999	-32.834	-15.520	-9.186	-6.190	-5.304	-4.655	-4.307	-4.106	-4.101
-4.412	-5.239	-7.159	-13.147	99.999	99.999	13.147	7.159	5.239	4.397
4.101	4.106	4.307	4.655	5.304	6.190	9.186	15.511	32.758	99.999

99.999	-115.436	-33.540	-16.475	-9.653	-7.728	-6.100	-4.966	-4.255	-3.776
-3.651	-3.931	-4.924	-8.944	99.999	99.999	8.944	4.970	3.931	3.651
3.776	4.213	4.966	6.100	7.728	9.653	16.475	33.540	115.436	99.999

CD=2.00

99.999	-7.646	-3.918	-2.749	-2.312	-2.304	-2.255	-2.337	-2.433	-2.736
-3.211	-4.015	-5.675	-11.812	99.999	99.999	11.812	5.866	4.015	3.211
2.736	2.438	2.337	2.255	2.304	2.361	2.791	3.918	7.646	99.999

99.999	-22.293	-10.503	-6.214	-4.193	-3.596	-3.163	-2.935	-2.797	-2.780
-2.968	-3.493	-4.722	-8.607	99.999	99.999	8.607	4.722	3.493	2.958
2.780	2.797	2.935	3.163	3.596	4.193	6.214	10.496	22.211	99.999

99.999	-75.236	-22.937	-11.274	-6.587	-5.257	-4.163	-3.409	-2.928	-2.594
-2.482	-2.622	-3.209	-5.714	99.999	99.999	5.714	3.235	2.622	2.482
2.594	2.902	3.409	4.163	5.257	6.587	11.274	22.937	75.236	99.999

99.999	-10.720	-5.505	-3.871	-3.254	-3.243	-3.168	-3.281	-3.429	-3.849
-4.543	-5.686	-8.080	-16.688	99.999	99.999	16.688	8.344	5.686	4.543
3.849	3.434	3.281	3.168	3.243	3.332	3.929	5.505	10.720	99.999

99.999	-32.892	-15.542	-9.195	-6.192	-5.305	-4.655	-4.307	-4.104	-4.096
-4.404	-5.224	-7.133	-13.091	99.999	99.999	13.091	7.133	5.224	4.389
4.096	4.104	4.307	4.655	5.305	6.192	9.195	15.533	32.812	99.999

99.999	-115.651	-33.597	-16.495	-9.659	-7.730	-6.100	-4.966	-4.254	-3.773
-3.643	-3.915	-4.893	-8.872	99.999	99.999	8.872	4.938	3.915	3.643
3.773	4.212	4.966	6.100	7.730	9.659	16.495	33.597	115.651	99.999

CD=2.10

99.999	-7.656	-3.922	-2.750	-2.312	-2.304	-2.255	-2.336	-2.432	-2.734
-3.208	-4.009	-5.666	-11.790	99.999	99.999	11.790	5.856	4.009	3.208
2.734	2.437	2.336	2.255	2.304	2.362	2.792	3.922	7.656	99.999

99.999	-22.352	-10.525	-6.222	-4.195	-3.597	-3.163	-2.935	-2.795	-2.775
-2.960	-3.478	-4.694	-8.547	99.999	99.999	8.547	4.694	3.478	2.950
2.775	2.795	2.935	3.163	3.597	4.195	6.222	10.519	22.266	99.999

99.999	-75.444	-22.994	-11.295	-6.593	-5.260	-4.163	-3.409	-2.927	-2.591
-2.473	-2.604	-3.176	-5.637	99.999	99.999	5.637	3.202	2.604	2.473
2.591	2.901	3.409	4.163	5.260	6.593	11.295	22.994	75.444	99.999

99.999	-10.729	-5.508	-3.872	-3.254	-3.243	-3.168	-3.281	-3.428	-3.847
-4.540	-5.681	-8.071	-16.667	99.999	99.999	16.667	8.335	5.681	4.540
3.847	3.433	3.281	3.168	3.243	3.332	3.930	5.508	10.729	99.999

99.999	-32.950	-15.564	-9.203	-6.194	-5.306	-4.655	-4.306	-4.102	-4.092
-4.396	-5.210	-7.107	-13.034	99.999	99.999	13.034	7.107	5.210	4.381
4.092	4.102	4.306	4.655	5.306	6.194	9.203	15.555	32.866	99.999

99.999	-115.867	-33.653	-16.516	-9.666	-7.733	-6.101	-4.966	-4.253	-3.769
-3.635	-3.899	-4.862	-8.799	99.999	99.999	8.799	4.906	3.899	3.635
3.769	4.211	4.966	6.101	7.733	9.666	16.516	33.653	115.867	99.999

CD=2.20

99.999	-7.666	-3.925	-2.751	-2.312	-2.304	-2.255	-2.336	-2.431	-2.732
-3.205	-4.004	-5.657	-11.768	99.999	99.999	11.768	5.847	4.004	3.205
2.732	2.436	2.336	2.255	2.304	2.362	2.794	3.925	7.666	99.999

99.999	-22.411	-10.548	-6.231	-4.197	-3.597	-3.164	-2.934	-2.793	-2.771
-2.951	-3.462	-4.667	-8.488	99.999	99.999	8.488	4.667	3.462	2.941
2.771	2.793	2.934	3.164	3.597	4.197	6.231	10.542	22.321	99.999

99.999	-75.651	-23.052	-11.316	-6.599	-5.263	-4.164	-3.409	-2.925	-2.587
-2.465	-2.587	-3.142	-5.560	99.999	99.999	5.560	3.169	2.587	2.465
2.587	2.900	3.409	4.164	5.263	6.599	11.316	23.052	75.651	99.999

99.999	-10.739	-5.511	-3.873	-3.255	-3.243	-3.168	-3.280	-3.427	-3.845
-4.537	-5.676	-8.063	-16.646	99.999	99.999	16.646	8.326	5.676	4.537
3.845	3.432	3.280	3.168	3.243	3.332	3.931	5.511	10.739	99.999

99.999	-33.008	-15.587	-9.212	-6.196	-5.306	-4.655	-4.306	-4.101	-4.088
-4.388	-5.195	-7.081	-12.978	99.999	99.999	12.978	7.081	5.195	4.373
4.088	4.101	4.306	4.655	5.306	6.196	9.212	15.577	32.920	99.999

99.999	-116.083	-33.709	-16.537	-9.672	-7.736	-6.101	-4.966	-4.252	-3.765
-3.626	-3.882	-4.830	-8.727	99.999	99.999	8.727	4.875	3.882	3.626
3.765	4.210	4.966	6.101	7.736	9.672	16.537	33.709	116.083	99.999

CD=2.30

99.999	-7.676	-3.929	-2.753	-2.313	-2.304	-2.255	-2.336	-2.430	-2.730
-3.202	-3.998	-5.648	-11.745	99.999	99.999	11.745	5.837	3.998	3.202
2.730	2.435	2.336	2.255	2.304	2.362	2.795	3.929	7.676	99.999

99.999	-22.470	-10.571	-6.240	-4.199	-3.598	-3.164	-2.934	-2.791	-2.767
-2.943	-3.447	-4.639	-8.428	99.999	99.999	8.428	4.639	3.447	2.933
2.767	2.791	2.934	3.164	3.598	4.199	6.240	10.564	22.376	99.999

99.999	-75.859	-23.109	-11.337	-6.606	-5.266	-4.165	-3.409	-2.924	-2.583
-2.456	-2.570	-3.109	-5.483	99.999	99.999	5.483	3.135	2.570	2.456
2.583	2.899	3.409	4.165	5.266	6.606	11.337	23.109	75.859	99.999

99.999	-10.748	-5.515	-3.874	-3.255	-3.243	-3.168	-3.280	-3.426	-3.844
-4.534	-5.671	-8.054	-16.626	99.999	99.999	16.626	8.317	5.671	4.534
3.844	3.431	3.280	3.168	3.243	3.332	3.932	5.515	10.748	99.999

99.999	-33.066	-15.609	-9.220	-6.198	-5.307	-4.655	-4.305	-4.099	-4.084
-4.380	-5.181	-7.055	-12.922	99.999	99.999	12.922	7.055	5.181	4.365
4.084	4.099	4.305	4.655	5.307	6.199	9.220	15.599	32.974	99.999

99.999	-116.298	-33.766	-16.557	-9.678	-7.739	-6.102	-4.966	-4.251	-3.761
-3.618	-3.866	-4.799	-8.655	99.999	99.999	8.655	4.843	3.866	3.618
3.761	4.209	4.966	6.102	7.739	9.678	16.557	33.766	116.298	99.999

CD=2.40

99.999	-7.687	-3.932	-2.754	-2.313	-2.304	-2.255	-2.335	-2.429	-2.728
-3.199	-3.993	-5.639	-11.723	99.999	99.999	11.723	5.828	3.993	3.199
2.728	2.434	2.335	2.255	2.304	2.362	2.796	3.932	7.687	99.999

99.999	-22.529	-10.593	-6.248	-4.201	-3.599	-3.164	-2.933	-2.789	-2.762
-2.934	-3.432	-4.612	-8.369	99.999	99.999	8.369	4.612	3.432	2.924
2.762	2.789	2.933	3.164	3.599	4.201	6.248	10.587	22.431	99.999

99.999	-76.067	-23.166	-11.358	-6.612	-5.268	-4.165	-3.409	-2.923	-2.579
-2.447	-2.552	-3.076	-5.406	99.999	99.999	5.406	3.102	2.552	2.447
2.579	2.898	3.409	4.165	5.268	6.612	11.358	23.166	76.067	99.999

99.999	-10.758	-5.518	-3.875	-3.255	-3.243	-3.168	-3.280	-3.425	-3.842
-4.531	-5.665	-8.045	-16.605	99.999	99.999	16.605	8.308	5.665	4.531
3.842	3.430	3.280	3.168	3.243	3.332	3.933	5.518	10.758	99.999

99.999	-33.124	-15.631	-9.228	-6.200	-5.307	-4.655	-4.305	-4.097	-4.080
-4.372	-5.166	-7.029	-12.865	99.999	99.999	12.865	7.029	5.166	4.357
4.080	4.097	4.305	4.655	5.307	6.200	9.228	15.622	33.028	99.999

99.999	-116.514	-33.822	-16.578	-9.684	-7.742	-6.103	-4.966	-4.250	-3.758
-3.610	-3.849	-4.768	-8.582	99.999	99.999	8.582	4.812	3.849	3.610
3.758	4.208	4.966	6.103	7.742	9.684	16.578	33.822	116.514	99.999

CD=2.50

99.999	-7.697	-3.936	-2.755	-2.313	-2.304	-2.255	-2.335	-2.428	-2.726
-3.195	-3.988	-5.630	-11.701	99.999	99.999	11.701	5.818	3.988	3.195
2.726	2.433	2.335	2.255	2.304	2.362	2.797	3.936	7.697	99.999

99.999	-22.588	-10.616	-6.257	-4.203	-3.599	-3.164	-2.933	-2.788	-2.758
-2.926	-3.417	-4.584	-8.309	99.999	99.999	8.309	4.584	3.417	2.916
2.758	2.788	2.933	3.164	3.599	4.203	6.257	10.610	22.486	99.999

99.999	-76.275	-23.223	-11.379	-6.618	-5.271	-4.166	-3.409	-2.922	-2.575
-2.438	-2.535	-3.043	-5.329	99.999	99.999	5.329	3.068	2.535	2.438
2.575	2.897	3.409	4.166	5.271	6.618	11.379	23.223	76.275	99.999

99.999	-10.768	-5.521	-3.876	-3.255	-3.243	-3.168	-3.279	-3.424	-3.840
-4.528	-5.660	-8.037	-16.584	99.999	99.999	16.584	8.299	5.660	4.528
3.840	3.429	3.279	3.168	3.243	3.332	3.934	5.521	10.768	99.999

99.999	-33.182	-15.653	-9.237	-6.202	-5.308	-4.655	-4.305	-4.095	-4.076
-4.364	-5.152	-7.002	-12.809	99.999	99.999	12.809	7.002	5.152	4.349
4.076	4.095	4.305	4.655	5.308	6.202	9.237	15.644	33.062	99.999

99.999	-116.729	-33.879	-16.598	-9.690	-7.744	-6.103	-4.966	-4.249	-3.754
-3.602	-3.833	-4.736	-8.510	99.999	99.999	8.510	4.780	3.833	3.602
3.754	4.207	4.966	6.103	7.744	9.690	16.598	33.879	116.729	99.999

CD=3.00

99.999	-7.747	-3.953	-2.761	-2.314	-2.304	-2.254	-2.333	-2.423	-2.717
-3.179	-3.960	-5.584	-11.590	99.999	99.999	11.590	5.771	3.960	3.179
2.717	2.428	2.333	2.254	2.304	2.363	2.803	3.953	7.747	99.999

99.999	-22.883	-10.729	-6.299	-4.214	-3.602	-3.164	-2.931	-2.778	-2.736
-2.884	-3.340	-4.446	-8.012	99.999	99.999	8.012	4.446	3.340	2.874
2.736	2.778	2.931	3.164	3.602	4.214	6.299	10.723	22.760	99.999

99.999	-77.314	-23.509	-11.484	-6.650	-5.286	-4.169	-3.408	-2.916	-2.556
-2.395	-2.448	-2.877	-4.945	99.999	99.999	4.945	2.901	2.448	2.395
2.556	2.891	3.408	4.169	5.286	6.650	11.484	23.509	77.314	99.999

99.999	-10.815	-5.538	-3.882	-3.256	-3.243	-3.167	-3.278	-3.419	-3.831
-4.513	-5.635	-7.994	-16.480	99.999	99.999	16.480	8.255	5.635	4.513
3.831	3.424	3.278	3.167	3.243	3.333	3.940	5.538	10.815	99.999

99.999	-33.471	-15.765	-9.278	-6.213	-5.311	-4.655	-4.302	-4.087	-4.055
-4.323	-5.080	-6.872	-12.527	99.999	99.999	12.527	6.872	5.080	4.309
4.055	4.087	4.302	4.655	5.311	6.213	9.278	15.755	33.351	99.999

99.999	-117.807	-34.161	-16.702	-9.721	-7.758	-6.106	-4.966	-4.243	-3.736
-3.560	-3.751	-4.580	-8.147	99.999	99.999	8.147	4.622	3.751	3.560
3.736	4.202	4.966	6.106	7.758	9.721	16.702	34.161	117.807	99.999

(三) 由總波力所得之波力計算 cm 之電腦輸出

CD=0.00

99.999	-8.386	-4.335	-3.071	-2.601	-2.595	-2.542	-2.641	-2.763	-3.124
-3.690	-4.644	-6.598	-13.804	99.999	99.999	13.804	6.819	4.644	3.690
3.124	2.768	2.641	2.542	2.595	2.657	3.118	4.335	8.386	99.999

99.999	-15.883	-7.560	-4.546	-3.122	-2.696	-2.380	-2.214	-2.131	-2.157
-2.361	-2.857	-3.966	-7.369	99.999	99.999	7.369	3.966	2.857	2.353
2.157	2.131	2.214	2.380	2.696	3.122	4.546	7.555	15.883	99.999

99.999	-66.548	-20.403	-10.161	-6.049	-4.868	-3.885	-3.193	-2.762	-2.502
-2.487	-2.779	-3.626	-6.789	99.999	99.999	6.789	3.656	2.779	2.487
2.502	2.738	3.193	3.885	4.868	6.049	10.161	20.403	66.548	99.999

99.999	-9.206	-4.755	-3.365	-2.843	-2.836	-2.771	-2.875	-3.014	-3.397
-4.026	-5.061	-7.216	-14.955	99.999	99.999	14.955	7.452	5.061	4.026
3.397	3.019	2.875	2.771	2.836	2.910	3.416	4.755	9.206	99.999

99.999	-19.037	-9.057	-5.416	-3.690	-3.175	-2.792	-2.588	-2.483	-2.507
-2.739	-3.307	-4.592	-8.529	99.999	99.999	8.529	4.592	3.307	2.730
2.507	2.483	2.588	2.792	3.175	3.690	5.416	9.051	19.037	99.999

99.999	-69.695	-20.323	-10.067	-5.969	-4.804	-3.811	-3.109	-2.676	-2.408
-2.384	-2.656	-3.455	-6.461	99.999	99.999	6.461	3.487	2.656	2.384
2.408	2.650	3.109	3.811	4.804	5.969	10.067	20.323	69.695	99.999

CD = 1.00

99.999	-8.487	-4.370	-3.082	-2.603	-2.595	-2.541	-2.637	-2.753	-3.105
-3.658	-4.590	-6.507	-13.583	99.999	99.999	13.583	6.725	4.590	3.658
3.105	2.758	2.637	2.541	2.595	2.658	3.130	4.370	8.487	99.999

99.999	-16.473	-7.787	-4.631	-3.143	-2.702	-2.380	-2.210	-2.113	-2.113
-2.276	-2.704	-3.691	-6.774	99.999	99.999	6.774	3.691	2.704	2.268
2.113	2.113	2.210	2.380	2.702	3.143	4.631	7.782	16.432	99.999

99.999	-68.626	-20.975	-10.372	-6.112	-4.897	-3.892	-3.192	-2.751	-2.463
-2.400	-2.606	-3.294	-6.021	99.999	99.999	6.021	3.321	2.606	2.400
2.463	2.727	3.192	3.892	4.897	6.112	10.372	20.975	68.626	99.999

99.999	-9.301	-4.788	-3.376	-2.844	-2.836	-2.771	-2.872	-3.005	-3.379
-3.995	-5.010	-7.130	-14.747	99.999	99.999	14.747	7.363	5.010	3.995
3.379	3.009	2.872	2.771	2.836	2.912	3.427	4.788	9.301	99.999

99.999	-19.616	-9.279	-5.499	-3.711	-3.181	-2.793	-2.584	-2.465	-2.466
-2.658	-3.163	-4.331	-7.965	99.999	99.999	7.965	4.331	3.163	2.649
2.466	2.465	2.584	2.793	3.181	3.711	5.499	9.273	19.576	99.999

99.999	-71.851	-20.888	-10.273	-6.031	-4.832	-3.817	-3.109	-2.666	-2.371
-2.301	-2.492	-3.142	-5.736	99.999	99.999	5.736	3.171	2.492	2.301
2.371	2.639	3.109	3.817	4.832	6.031	10.273	20.888	71.851	99.999

CD = 1.50

99.999	-8.537	-4.387	-3.088	-2.603	-2.595	-2.541	-2.635	-2.748	-3.096
-3.642	-4.563	-6.461	-13.472	99.999	99.999	13.472	6.678	4.563	3.642
3.096	2.753	2.635	2.541	2.595	2.695	3.135	4.387	9.537	99.999

99.999	-16.767	-7.900	-4.674	-3.154	-2.705	-2.380	-2.208	-2.104	-2.091
-2.233	-2.628	-3.553	-6.477	99.999	99.999	6.477	3.553	2.628	2.226
2.091	2.104	2.208	2.380	2.705	3.154	4.674	7.895	16.706	99.999

99.999	-69.666	-21.262	-10.477	-6.143	-4.911	-3.895	-3.192	-2.745	-2.444
-2.356	-2.519	-3.128	-5.636	99.999	99.999	5.636	3.154	2.519	2.356
2.444	2.721	3.192	3.895	4.911	6.143	10.477	21.262	69.666	99.999

99.999	-9.349	-4.805	-3.382	-2.845	-2.836	-2.770	2.870	-3.000	-3.370
-3.980	-4.984	-7.086	-14.643	99.999	99.999	14.643	7.318	4.984	3.980
3.370	3.005	2.870	2.770	2.836	2.913	3.432	4.805	9.349	99.999

99.999	-19.905	-9.390	-5.541	-3.721	-3.184	-2.793	-2.582	-2.457	-2.445
-2.618	-3.091	-4.201	-7.684	99.999	99.999	7.684	4.201	3.091	2.609
2.445	2.457	2.582	2.793	3.184	3.721	5.541	9.385	19.845	99.999

99.999	-72.929	-21.170	-10.377	-6.062	-4.846	-3.820	-3.108	-2.660	-2.352
-2.260	-2.410	-2.985	-5.374	99.999	99.999	5.374	3.013	2.410	2.260
2.352	2.634	3.108	3.820	4.846	6.062	10.377	21.170	72.929	99.999

CD = 1.60

99.999	-8.547	-4.391	-3.089	-2.603	-2.595	-2.541	-2.635	-2.747	-3.094
-3.638	-4.558	-6.452	-13.450	99.999	99.999	13.450	6.669	4.558	3.638
3.094	2.752	2.635	2.541	2.595	2.659	3.137	4.391	8.547	99.999

99.999	-16.826	-7.922	-4.683	-3.156	-2.706	-2.380	-2.208	-2.102	-2.087
-2.225	-2.613	-3.526	-6.418	99.999	99.999	6.418	3.526	2.613	2.217
2.087	2.102	2.208	2.380	2.706	3.156	4.683	7.918	16.761	99.999

99.999	-69.973	-21.319	-10.498	-6.150	-4.914	-3.895	-3.192	-2.744	-2.440
-2.348	-2.502	-3.095	-5.559	99.999	99.999	5.559	3.120	2.502	2.348
2.440	2.720	3.192	3.895	4.914	6.150	10.498	21.319	69.873	99.999

99.999	-9.359	-4.808	-3.383	-2.845	-2.836	-2.770	-2.869	-2.999	-3.368
-3.977	-4.979	-7.078	-14.623	99.999	99.999	14.623	7.309	4.979	3.977
3.368	3.004	2.869	2.770	2.836	2.913	3.433	4.808	9.359	99.999

99.999	-19.963	-9.412	-5.549	-2.723	-3.185	-2.793	-2.582	-2.455	-2.441
-2.610	-3.076	-4.174	-7.627	99.999	99.999	7.627	4.174	3.076	2.601
2.441	2.455	2.582	2.793	3.185	3.723	5.549	9.407	19.899	99.999

99.999	-73.144	-21.227	-10.397	-6.068	-4.849	-3.821	-3.108	-2.659	-2.349
-2.252	-2.394	-2.954	-5.301	99.999	99.999	5.301	2.981	2.394	2.252
2.349	2.633	3.108	3.821	4.849	6.068	10.397	21.227	73.144	99.999

CD = 1.70

99.999	-8.557	-4.394	-3.090	-2.604	-2.595	-2.541	-2.634	-2.746	-3.092
-3.635	-4.552	-6.443	-13.428	99.999	99.999	13.428	6.659	4.552	3.635
3.092	2.751	2.634	2.541	2.595	2.659	3.138	4.394	8.557	99.999

99.999	-16.885	-7.945	-4.691	-3.158	-2.706	-2.380	-2.207	-2.100	-2.083
-2.216	-2.598	-3.498	-6.358	99.999	99.999	6.358	3.498	2.598	2.209
2.083	2.100	2.207	2.380	2.706	3.158	4.691	7.940	16.816	99.999

99.999	-70.081	-21.376	-10.519	-6.156	-4.917	-3.896	-3.192	-2.743	-2.436
-2.339	-2.484	-3.062	-5.482	99.999	99.999	5.482	3.087	2.484	2.339
2.436	2.719	3.192	3.896	4.917	6.156	10.519	21.376	70.081	99.999

99.999	-9.368	-4.812	-3.384	-2.845	-2.836	-2.770	-2.869	-2.998	-3.366
-3.974	-4.974	-7.069	-14.602	99.999	99.999	14.602	7.300	4.974	3.974
3.366	3.003	2.869	2.770	2.836	2.913	3.435	4.812	9.368	99.999

99.999	-20.021	-9.435	-5.558	-3.725	-3.185	-2.793	-2.581	-2.453	-2.437
-2.602	-3.062	-4.148	-7.571	99.999	99.999	7.571	4.148	3.062	2.593
2.437	2.453	2.581	2.793	3.185	3.725	5.558	9.429	19.953	99.999

99.999	-73.360	-21.283	-10.418	-6.074	-4.852	-3.821	-3.108	-2.658	-2.345
-2.243	-2.377	-2.922	-5.229	99.999	99.999	5.229	2.949	2.377	2.243
2.345	2.632	3.108	3.821	4.852	6.074	10.418	21.283	73.360	99.999

CD = 1.80

99.999	-8.568	-4.398	-3.092	-2.604	-2.595	-2.540	-2.634	-2.745	-3.090
-3.632	-4.547	-6.434	-13.406	99.999	99.999	13.406	6.650	4.547	3.632
3.090	2.750	2.634	2.540	2.595	2.659	3.139	4.398	8.568	99.999

99.999	-16.944	-7.968	-4.700	-3.160	-2.707	-2.380	-2.207	-2.098	-2.078
-2.208	-2.582	-3.471	-6.299	99.999	99.999	6.299	3.471	2.582	2.200
2.078	2.098	2.207	2.380	2.707	3.160	4.700	7.963	16.871	99.999

99.999	-70.289	-21.433	-10.540	-6.162	-4.920	-3.897	-3.192	-2.742	-2.432
-2.330	-2.467	-3.028	-5.405	99.999	99.999	5.405	3.053	2.467	2.330
2.432	2.718	3.192	3.897	4.920	6.162	10.540	21.433	70.289	99.999

99.999	-9.378	-4.815	-3.385	2.846	-2.836	-2.770	-2.869	-2.997	-3.365
-3.971	-4.969	-7.061	-14.581	99.999	99.999	14.581	7.291	4.969	3.971
3.365	3.002	2.869	2.770	2.836	2.913	3.436	4.815	9.378	99.999

99.999	-20.079	-9.457	-5.566	-3.727	-3.186	-2.793	-2.581	-2.451	-2.432
-2.594	-3.047	-4.122	-7.515	99.999	99.999	7.515	4.122	3.047	2.585
2.432	2.451	2.581	2.793	3.186	3.727	5.566	9.451	20.007	99.999

99.999	-73.575	-21.340	-10.439	-6.080	-4.854	-3.822	-3.108	-2.657	-2.341
-2.235	-2.361	-2.891	-5.156	99.999	99.999	5.156	2.918	2.361	2.235
2.341	2.631	3.108	3.822	4.854	6.080	10.439	21.340	73.575	99.999

CD = 1.90

99.999	-8.578	-4.401	-3.093	-2.604	-2.595	-2.540	-2.634	-2.744	-3.088
-3.629	-4.541	-6.425	-13.383	99.999	99.999	13.383	6.640	4.541	3.629
3.088	2.749	2.634	2.540	2.595	2.659	3.140	4.401	8.578	99.999

99.999	-17.003	-7.990	-4.708	-3.162	-2.708	-2.380	-2.206	-2.097	-2.074
-2.199	-2.567	-3.443	-6.239	99.999	99.999	6.239	3.443	2.567	2.192
2.074	2.097	2.206	2.380	2.708	3.162	4.708	7.986	16.926	99.999

99.999	-70.497	-21.491	-10.561	-6.169	-4.923	-3.897	-3.192	-2.741	-2.428
-2.321	-2.450	-2.995	-5.329	99.999	99.999	5.329	3.020	2.450	2.321
2.428	2.717	3.192	3.897	4.923	6.169	10.561	21.491	70.497	99.999

99.999	-9.388	-4.818	-3.386	-2.846	-2.836	-2.770	-2.868	-2.997	-3.363
-3.968	-4.964	-7.052	-14.560	99.999	99.999	14.560	7.282	4.964	3.968
3.363	3.001	2.868	2.770	2.836	2.913	3.437	4.818	9.388	99.999

99.999	-20.137	-9.479	-5.574	-3.729	-3.186	-2.793	-2.581	-2.450	-2.428
-2.585	-3.033	-4.096	-7.458	99.999	99.999	7.458	4.096	3.033	2.577
2.428	2.450	2.581	2.793	3.186	3.729	5.574	9.473	20.061	99.999

99.999	-73.791	-21.396	-10.459	-6.086	-4.857	-3.823	-3.108	-2.656	-2.338
-2.227	-2.344	-2.860	-5.084	99.999	99.999	5.084	2.886	2.344	2.227
2.338	2.630	3.108	3.823	4.857	6.086	10.459	21.396	73.791	99.999

CD = 2.00

99.999	-8.588	-4.405	-3.094	-2.604	-2.595	-2.540	-2.633	-2.743	-3.086
-3.626	-4.536	-6.416	-13.361	99.999	99.999	13.361	6.631	4.536	3.626
3.086	2.748	2.633	2.540	2.595	2.660	3.141	4.405	8.588	99.999

99.999	-17.062	-8.013	-4.717	-3.164	-2.708	-2.380	-2.206	-2.095	-2.069
-2.191	-2.552	-3.416	-6.180	99.999	99.999	6.180	3.416	2.552	2.183
2.069	2.095	2.206	2.380	2.708	3.164	4.717	8.008	16.981	99.999

99.999	-70.705	-21.548	-10.582	-6.175	-4.926	-3.898	-3.191	-2.740	-2.424
-2.313	-2.432	-2.962	-5.252	99.999	99.999	5.252	2.987	2.432	2.313
2.424	2.716	3.191	3.898	4.926	6.175	10.582	21.548	70.705	99.999

99.999	-9.397	-4.821	-3.387	-2.846	-2.836	-2.770	-2.868	-2.996	-3.361
-3.965	-4.959	-7.043	-14.539	99.999	99.999	14.539	7.273	4.959	3.965
3.361	3.000	2.868	2.770	2.836	2.913	3.438	4.821	9.397	99.999

99.999	-20.195	-9.501	-5.583	-3.731	-3.187	-2.793	-2.580	-2.448	-2.424
-2.577	-3.018	-4.070	-7.402	99.999	99.999	7.402	4.070	3.018	2.569
2.424	2.448	2.580	2.793	3.187	3.731	5.583	9.496	20.115	99.999

99.999	-74.006	-21.453	-10.480	-6.093	-4.860	-3.823	-3.108	-2.655	-2.334
-2.218	-2.328	-2.828	-5.011	99.999	99.999	5.011	2.854	2.328	2.218
2.334	2.629	3.108	3.823	4.860	6.093	10.480	21.453	74.006	99.999

CD = 2.10

99.999	-8.598	-4.408	-3.095	-2.604	-2.595	-2.540	-2.633	-2.742	-3.085
-3.622	-4.531	-6.407	-13.339	99.999	99.999	13.339	6.622	4.531	3.622
3.085	2.747	2.633	2.540	2.595	2.660	3.142	4.408	8.598	99.999

99.999	-17.121	-8.036	-4.725	-3.166	-2.709	-2.380	-2.205	-2.093	-2.065
-2.183	-2.537	-3.388	-6.121	99.999	99.999	6.121	3.388	2.537	2.175
2.065	2.093	2.205	2.380	2.709	3.166	4.725	8.031	17.036	99.999

99.999	-70.912	-21.605	-10.603	-6.181	-4.928	-3.899	-3.191	-2.738	-2.420
-2.304	-2.415	-2.929	-5.175	99.999	99.999	5.175	2.953	2.415	2.304
2.420	2.715	3.191	3.899	4.928	6.181	10.603	21.605	70.912	99.999

99.999	-9.407	-4.825	-3.388	-2.846	-2.836	-2.770	-2.868	-2.995	-3.359
-3.962	-4.954	-7.035	-14.519	99.999	99.999	14.519	7.265	4.954	3.962
3.359	2.999	2.868	2.770	2.836	2.914	3.439	4.625	9.407	99.999

99.999	-20.253	-9.524	-5.591	-3.733	-3.188	-2.793	-2.580	-2.446	-2.420
-2.569	-3.004	-4.044	-7.346	99.999	99.999	7.346	4.044	3.004	2.561
2.420	2.446	2.580	2.793	3.188	3.733	5.591	9.518	20.169	99.999

99.999	-74.222	-21.509	-10.500	-6.099	-4.863	-3.824	-3.108	-2.654	-2.330
-2.210	-2.311	-2.797	-4.939	99.999	99.999	4.939	2.823	2.311	2.210
2.330	2.628	3.108	3.824	4.863	6.099	10.500	21.509	74.222	99.999

CD = 2.20

99.999	-8.608	-4.412	-3.096	-2.604	-2.595	-2.540	-2.633	-2.741	-3.083
-3.619	-4.525	-6.398	-13.317	99.999	99.999	13.317	6.612	4.525	3.619
3.083	2.746	2.633	2.540	2.595	2.660	3.144	4.412	8.608	99.999

99.999	-17.180	-8.058	-4.734	-3.169	-2.709	-2.380	-2.205	-2.091	-2.061
-2.174	-2.522	-3.360	-6.061	99.999	99.999	6.061	3.360	2.522	2.166
2.061	2.091	2.205	2.380	2.709	3.169	4.734	8.054	17.091	99.999

99.999	-71.120	-21.662	-10.624	-6.188	-4.931	-3.899	-3.191	-2.737	-2.416
-2.295	-2.398	-2.896	-5.098	99.999	99.999	5.098	2.920	2.398	2.295
2.416	2.714	3.191	3.899	4.931	6.188	10.624	21.662	71.120	99.999

99.999	-9.416	-4.828	-3.389	-2.846	-2.836	-2.770	-2.867	-2.994	-3.357
-3.959	-4.948	-7.026	-14.498	99.999	99.999	14.498	7.256	4.948	3.959
3.357	2.998	2.867	2.770	2.836	2.914	3.440	4.828	9.416	99.999

99.999	-20.311	-9.546	-5.599	-3.735	-3.188	-2.793	-2.579	-2.444	-2.416
-2.561	-2.989	-4.018	-7.289	99.999	99.999	7.289	4.018	2.989	2.553
2.416	2.444	2.579	2.793	3.188	3.735	5.599	9.540	20.223	99.999

99.999	-74.437	-21.566	-10.521	-6.105	-4.866	-3.824	-3.108	-2.653	-2.326
-2.202	-2.295	-2.766	-4.867	99.999	99.999	4.867	2.791	2.295	2.202
2.326	2.627	3.108	3.824	4.866	6.105	10.521	21.566	74.437	99.999

CD=2.30

99.999	-8.618	-4.415	-3.097	-2.605	-2.595	-2.540	-2.632	-2.740	-3.081
-3.616	-4.520	-6.389	-13.295	99.999	99.999	13.295	6.603	4.520	3.616
3.081	2.745	2.632	2.540	2.595	2.660	3.145	4.415	8.618	99.999

99.999	-17.239	-8.081	-4.743	-3.171	-2.710	-2.380	-2.204	-2.089	-2.056
-2.166	-2.506	-3.333	-6.002	99.999	99.999	6.002	3.333	2.506	2.158
2.056	2.089	2.204	2.380	2.710	3.171	4.743	8.076	17.146	99.999

99.999	-17.328	-21.720	-10.645	-6.194	-4.934	-3.900	-3.191	-2.736	-2.413
-2.287	-2.380	-2.862	-5.021	99.999	99.999	5.021	2.886	2.380	2.287
2.413	2.712	3.191	3.900	4.934	6.194	10.645	21.720	71.328	99.999

99.999	-9.426	-4.831	-3.390	-2.846	-2.836	-2.770	-2.367	-2.993	-3.356
-3.956	-4.943	-7.017	-14.477	99.999	99.999	14.477	7.247	4.943	3.956
3.356	2.997	2.867	2.770	2.836	2.914	3.441	4.831	9.426	99.999

99.999	-20.368	-9.568	-5.608	-3.737	-3.189	-2.793	-2.579	-2.443	-2.412
-2.553	-2.975	-3.992	-7.233	99.999	99.999	7.233	3.992	2.975	2.545
2.412	2.443	2.579	2.793	3.189	3.737	5.608	9.562	20.276	99.999

99.999	-74.653	-21.622	-10.542	-6.111	-4.868	-3.825	-3.108	-2.652	-2.323
-2.194	-2.279	-2.734	-4.794	99.999	99.999	4.794	2.760	2.279	2.194
2.323	2.626	3.108	3.825	4.868	6.111	10.542	21.622	74.653	99.999

CD = 2.40

99.999	-8.628	-4.419	-3.098	-2.605	-2.595	-2.540	-2.632	-2.739	-3.079
-3.613	-4.514	-6.380	-13.273	99.999	99.999	13.273	6.593	4.514	3.613
3.079	2.744	2.632	2.540	2.595	2.660	3.146	4.419	8.628	99.999

99.999	-17.298	-8.104	-4.751	-3.173	-2.711	-2.380	-2.204	-2.088	-2.052
-2.157	-2.491	-3.305	-5.942	99.999	99.999	5.942	3.305	2.491	2.150
2.052	2.088	2.204	2.380	2.711	3.173	4.751	8.099	17.201	99.999

99.999	-71.536	-21.777	-10.666	-6.200	4.937	-3.901	-3.191	-2.735	-2.409
-2.278	-2.363	-2.829	-4.944	99.999	99.999	4.944	2.853	2.363	2.278
2.409	2.711	3.191	3.901	4.937	6.200	10.666	21.777	71.536	99.999

99.999	-9.435	-4.835	-3.391	-2.846	-2.836	-2.770	-2.867	-2.992	-3.354
-3.953	-4.938	-7.009	-14.456	99.999	99.999	14.456	7.238	4.938	3.953
3.354	2.996	2.867	2.770	2.836	2.914	3.442	4.835	9.435	99.999

99.999	-20.426	-9.590	-5.616	-3.739	-3.189	-2.793	-2.578	-2.441	-2.407
-2.545	-2.961	-3.966	-7.177	99.999	99.999	7.177	3.966	2.961	2.536
2.407	2.441	2.578	2.793	3.189	3.739	5.616	9.585	20.330	99.999

99.999	-74.869	-21.679	-10.562	-6.117	-4.871	-3.826	-3.108	-2.651	-2.319
-2.185	-2.262	-2.703	-4.722	99.999	99.999	4.722	2.728	2.262	2.185
2.319	2.625	3.108	3.826	4.871	6.117	10.562	21.679	74.869	99.999

CD=2.50

99.999	-8.638	-4.422	-3.100	-2.605	-2.595	-2.540	-2.631	-2.738	-3.077
-3.610	-4.509	-6.370	-13.251	99.999	99.999	13.251	6.584	4.509	3.610
3.077	2.743	2.631	2.540	2.595	2.660	3.147	4.422	8.638	99.999

99.999	-17.357	-8.126	-4.760	-3.175	-2.711	-2.380	-2.204	-2.086	-2.048
-2.149	-2.476	-3.278	-5.883	99.999	99.999	5.883	3.278	2.476	2.141
2.048	2.086	2.204	2.380	2.711	3.175	4.760	8.122	17.255	99.999

99.999	-71.744	-21.834	-10.687	-6.207	-4.940	-3.901	-3.191	-2.734	-2.405
-2.269	-2.346	-2.796	-4.867	99.999	99.999	4.867	2.819	2.346	2.269
2.405	2.710	3.191	3.901	4.940	6.207	10.687	21.834	71.744	99.999

99.999	-9.445	-4.838	-3.393	-2.847	-2.836	-2.769	-2.866	-2.991	-3.352
-3.950	-4.933	-7.000	-14.435	99.999	99.999	14.435	7.229	4.933	3.950
3.352	2.995	2.866	2.769	2.836	2.914	3.443	4.838	9.445	99.999

99.999	-20.484	-9.613	-5.624	-3.741	-3.190	-2.793	-2.578	-2.439	-2.403
-2.537	-2.946	-3.939	-7.120	99.999	99.999	7.120	3.939	2.946	2.528
2.403	2.439	2.578	2.793	3.190	3.741	5.624	9.607	20.384	99.999

99.999	-75.084	-21.735	-10.583	-6.123	-4.874	-3.826	-3.108	-2.650	-2.315
-2.177	-2.246	-2.672	-4.649	99.999	99.999	4.649	2.696	2.246	2.177
2.315	2.624	3.108	3.826	4.874	6.123	10.583	21.735	75.084	99.999

CD=3.00

99.999	-8.688	-4.440	-3.105	-2.606	-2.595	-2.539	-2.630	-2.733	-3.067
-3.594	-4.482	-6.325	-13.140	99.999	99.999	13.140	6.537	4.482	3.594
3.067	2.739	2.630	2.539	2.595	2.661	3.153	4.440	8.688	99.999

99.999	-17.652	-8.240	-4.802	-3.185	-2.714	-2.380	-2.201	-2.077	-2.026
-2.106	-2.400	-3.140	-5.586	99.999	99.999	5.586	3.140	2.400	2.026
2.026	2.077	2.201	2.380	2.714	3.185	4.802	8.235	17.530	99.999

99.999	-72.783	-22.120	-10.792	-6.238	-4.954	-3.905	-3.191	-2.728	-2.385
-2.225	-2.259	-2.630	-4.483	99.999	99.999	4.483	2.652	2.259	2.225
2.385	2.705	3.191	3.905	4.954	6.238	10.792	22.120	72.783	99.999

99.999	-9.493	-4.855	-3.398	-2.847	-2.836	-2.769	-2.865	-2.986	-3.343
-3.935	-4.907	-6.957	-14.331	99.999	99.999	14.331	7.184	4.907	3.935
3.343	2.991	2.865	2.769	2.836	2.915	3.449	4.855	9.493	99.999

99.999	-20.774	-9.724	-5.666	-3.751	-3.193	-2.793	-2.576	-2.430	-2.382
-2.497	-2.874	-3.809	-6.839	99.999	99.999	6.839	3.809	2.874	2.488
2.382	2.430	2.576	2.793	3.193	3.751	5.666	9.718	20.654	99.999

99.999	-76.162	-22.017	-10.686	-6.154	-4.888	-3.829	-3.108	-2.644	-2.297
-2.136	-2.164	-2.515	-4.287	99.999	99.999	4.287	2.538	2.164	2.136
2.297	2.618	3.108	3.829	4.888	6.154	10.686	22.017	76.162	99.999
