

波與流交互作用之研究(四)

—規則波與均勻流交會實驗—

執行單位：數學模式組

計畫主持人：陳陽益 研究員兼組長

工作：計畫之規劃、協調與報告審核

協同主持人：莊文傑 副研究員

工作：實驗規劃及設計、資料分析與報告撰寫

協同研究：張憲國 台南水工試驗所副研究員

工作：數值解析

參與人員：陳明宗 副研究員

工作：實驗儀器率定及系統架設

陳冠宇 助理研究員

工作：實驗執行、計畫協調、資料分析及報告撰寫

江中權 助理研究員

工作：實驗執行、實驗配置架設

曾文傑 助理

工作：實驗執行、實驗配置架設

張富東 助理研究員

工作：資料收集系統設計及架設

陳毓清 技工

工作：資料繕打及整理

目 錄

中文摘要	III
英文摘要	IV
第一章 前言	1
第二章 文獻介紹	2
第三章 波與流交互作用實驗	5
3-1 實驗目的	5
3-2 實驗設備	5
3-3 控制及量測之儀器	6
3-4 實驗配置	7
3-5 實驗條件	8
3-6 實驗步驟	9
3-7 實驗結果	9
第四章 資料分析	10
4-1 波形之資料型態	10
4-2 資料分析法	10
4-2-1 波形分析	10
4-2-2 波高分析	10
4-2-3 波長分析	11
4-2-4 波形與波浪尖銳度分析	11

4-2-5 波向角分析	12
4-2-6 流速及流速相位角分析	12
4-3 分析成果整理	13
第五章 結果與討論	14
5-1 波高之變化	14
5-2 波長之變化	15
5-3 波浪尖銳度之變化	15
5-4 波向角之變化	15
5-5 波形之變化	15
5-6 流速及流速相位角之變化	16
第六章 檢討與結論	17
參考文獻	18
照片	24
表	32
圖	46

摘 要

本研究主要在等水深之情況藉平面水槽之實驗以探討波流交互作用前、交互作用中及交互作用後之波浪特性變化。波流交角由30度起至150度止，每差15度進行一實驗佈置，使用之流速有9公分/秒，6公分/秒及4公分/秒等三種。造波週期涵蓋深水波及淺水波條件，波高以中、小尖銳度為主。由實驗資料之初步分析結果知，波流交會引致之波浪特性改變以波浪初進入波流交會區時最為顯著、重要。其他之波浪特性改變情況大致與理論趨勢符合。

EXPRERIMENTAL STUDIES OF WAVE—CURRENT INTERACTION

ABSTRACT

To investigate the properties chagement of waves during and after interaction with currents, experiments of wave—current interaction in uniform water depth, 0.5m, had been executed. By dividing a laboratory basin into two intersection flumes, each with width 10.0m and one for uniform current generating, the other for regular wave making, the interaction angle varied from 30 degree to 150 degree with interval 15 degree then all are considered. The velocity of uniform currents generated in experiments are 9.0 cm/s, 6 cm/s and 4 cm/s, and waves of mild steepness in deep and shallow water wave conditions are included. The results derived from experimental data analysis shows that uniform currents will still cause serious chagements of waves properties and significant effects are occuring in the zone where waves and currents encounter.

第一章 前 言

在實際的海洋中，波浪與流常是同時存在且彼此交相影響的。此種波流共存且交相作用之結果最明顯可見的是造成河口與航道入口處的異常大波浪，導致航行不易與不安全。另外，大型結構物周圍及長堤岸前端亦常會因波流之交互作用導致波浪場混亂而不可預測，甚而引起堤趾之異常沖刷。

當波浪與恆常流交會後，由於其原具有的各別水理特性會因交互作用而產生改變，因此，在波流共存場中從事海岸工程、海象資料觀測、收集與施行海洋污染防治策略上，對於波流交互作用之“因”、“果”須格外深究與注意。

一般對於物理現象及物理問題之研究方法約可分為四類：(1)現場觀測、調查(2)模型實驗模擬(3)理論解析(4)數值模式解析及計算。關於波與流交互作用之研究，由於現場觀測調查需龐大人力、經費及多項儀器設備配合，因此本研究目前並未採行，理論與數值解析方法本研究曾分別於八十及八十一年度使用，並獲得一些初步之成果。本年度之研究將以實驗模擬為主，希望藉由實驗模擬能對波流交互作用之現象及過程有更深入的剖析及瞭解。

第二章 文獻介紹

有關波與流交互作用之研究，Peregrine, D. H. & I. G. Jonsson (1983)曾將1900年至1983年間之文獻資料詳細地做了一番整理與回顧。根據Peregrine & Jonsson 之文獻回顧資料知道，早自十九世紀初葉起，波與流交互作用之研究在當時已引起普遍的興趣與注意，可是教科書卻甚少加以引載，直到十九世紀中期，陸續開始有許多相關的研究報告、書籍出版，1970至1990年代可說是波流交互作用研究之輝煌時代。在此短短的二十年裡，不僅有衆多的專家學者從事波流交互作用之研究，且已將波流交互作用的研究層面拓展得頗為廣泛與深入。

由於波浪與潮流為較早引起注意與興趣之波流交互作用問題，因在這課題上有不少學者投入，如Barber, N. F. (1949)與Vincent, C. E. (1979)等。波流交互作用與波浪受流影響產生之折射、反射、繞射與波浪推算等問題由於在應用上之重要性，Christoffersen, J. B. et al. (1918,1982)等曾分別就均勻流、非均勻流、剪力流 (Shear Current)、水深變化、波高衰減等情況加以探討。在理論解析研究方面，Longuet-Higgins, M. S. & R. W. Stewart(1960,1961,1962,1964)之一系列研究不僅提出輻射應力 (Radiation Stress) 的理論概念，更以攝動展開法 (Perturbation Expansion Method) 及流函數 (Stream Function) 解析波流之交互作用問題，其他如Dalrymple, R. A. (1973,1974a,1974b,1977,1980)，Peregrine, D. H. et al. (1975,1976,1979,1982,1983)，Sakai, S. et al.(1981)與黃煌輝、林呈、林西川(1985)等對於均勻流、不均勻流、洋流、沿岸流、紊流、源

流、射流、收縮—擴張流與前進重力波、風波、駐波、不規則波、Caustics等波流之交互作用課題也都有精湛的研究。有關考慮渦度(Vorticity)、底床坡度、能量消散、底床剪應力、波作用(Wave Action)、紊流邊界層、尾跡(Wake)等因素之研究者有Christoffersen, J. B. (1980,1980b)等。對於探討波流聯合作用後,其所產生的統計特性(Statistical Properties)、波譜性質、波力、流體作用力(Fluid Loading)與結構物之動態反應方面,Tung, C. C. & N. E. Huang (1973a,1973b,1974,1976)等皆有詳細的論述。在實驗、數值模式計算與現場量測、調查方面,Brevik, I. (1980), Van Doorn, T. (1981)及 Thomas, G. P. (1981)等對於波流交互作用下之輸沙(Sand Transport)現象、流場特性、波力作用、近床流速、及其量測技術與分析方法上則有難得的經驗可供參考。

總括以上參考文獻可知,在波流交互作用課題內,有關波與流交互作用之研究,國外雖有衆多學者從事理論探討,但在實驗研究上卻不多見。國內方面有關波流交互作用之研究目前尚甚缺少,黃煌輝、林呈、林西川(1985)等雖曾對此主題加以探討,但因其理論解析限於二維之波流交互作用者,對於三維波流交互作用問題中之波向與流向間的角度效應並未加以涵蓋。林銘崇、許永誠(1986)及林銘崇等(1990)曾以有限元素法配合邊界元素法,以包含水流效應之緩坡方程式(Mild-Slope Wave Equation)進行波浪折、繞射之數值解析,但對波流交互作用後之基本流場特性並未有詳細地描述。陳陽益、莊文傑(1990)以攝動展開法解析規則前進重力波與均勻穩定流相交會之流場特性,並求得至第三階之理論解,文中對交會角度效應及流速大小之影響已有詳細之描述。數值解析上,陳陽益、張憲國(1992)曾引用流函數法探

討波流交互作用後之流場特性。實驗方面，林銘崇、蕭松山、莊文傑（1992）曾於平面水槽內進行大型圓柱周邊波流交互作用之研究。由於此研究為國內少數波流交互作用實驗之一，因此其實驗設計及經驗，對國內欲從事此方面之相關研究而言，當甚寶貴且具參考之價值。

第三章 波與流交互作用實驗

3-1 實驗目的

本實驗研究之主要目的在探討規則前進重力波與均勻穩定流相交會，其在交會前、交會中及交會後，有關波高、波長、波形、波浪尖銳度及波流交會角等波流場特性其因交互作用所衍生之變化。並期透過實驗資料之分析與整理，以提供數值及理論模式驗證及檢核之參考。

3-2 實驗設備

本實驗於本所第一試驗場棚內之大平面水槽中進行。平面水槽（如照片及照片2）長58.6公尺，寬42.6公尺，深1.0公尺。主要之實驗設備包括造波及造流二大部分。

造流設備係於原平面水槽中心以磚牆及部分木板牆建築一寬為10.0公尺之流渠（如照片3至照片6）構成。流渠之進水端設有整流矮堰、入口堰、分流導牆及濾網等水工設施（如照片7及照片8）。入口堰及分流導牆間相鄰間隔為一公尺。入口堰由木板條控制，調整木板條之個數及其組成高度即可控制各分流渠道中之流量，此為流渠橫斷面上之流速及其均勻性控制之主要設施。在流渠之抽水端則有分流導牆，整流矮堰及抽水池等水工設施（如照片9及照片10）。抽水池內配置有3馬力之潛水式抽水幫浦五組，每組四個共二十個，並使其平均分佈於抽水池之橫斷面上，控制各組中幫浦開啓之個數即可初步控制流渠中之流量。另有靜水池及寬2.0公尺之迴流水道（如照片11及照片12）。靜水池之入口及出口處並同時設有流量調整堰（見照片13及照片14），藉以進一步控制抽

水量及流渠中之流量。

造波機（如照片15）為造波之主要設備。造波板長10.0公尺，為可移動拍拉式造波機。其與導波板及多孔消波網（如照片6及照片16）構成波渠之首、身、尾等重要部分。由於構成波渠之造波設備皆屬可移動性，因此只要調整波渠相對於流渠之角度，則適當交會角（大於 30° 或小於 150° ）之波流交互作用實驗即可展開。

除了以上造波及造流之主要設備外，另於波渠與流渠交會之中心區上設置棧橋一座（如照片17及照片18），俾能隨時檢測流渠橫斷面上，波流交互作用前後流速之大小及其均勻性。

3-3 控制及量測之儀器

為配合造波及造流設備，主要之控制及量測儀器亦分二類。

在造波控制方面，操作造波機之控制系統（見照片19），調整傳動系統（見照片20）上造波板之偏心指數及傳動馬達之轉速指數，則造波機即可依所預期之率定波高及週期造波。造波板之偏心指數由控制系統之左面板調整，傳動馬達之轉速則由其右面板設定。為控制穩定之造波週期，一般之操作步驟係先固定傳動馬達之轉速指數，然後由零逐步調整偏心指數，直至預期之率定指數或波高後停止。因此本實驗所造之波浪，其波高型態係由小漸次成長的。

在造流控制方面，本實驗雖設有四處流量調整堰，但因經費限制，二十個潛水式抽水幫浦對於大流量之水量提供，其能量亦稍顯不足，因此只要調整幫浦之起動個數（見照片21及照片22）即可控制造流系統之流量。

至於量測儀器方面，波高由12支容量式波高計同時計測，流速由3

支X-Y全方位電磁式流速計量測。另使用本所自行研究之資料收集系統及個人電腦一套，用以控制、收集並記錄量測所得之波高變化及流速資料。量測儀器擺放於儀器控制室內（見照片23），資料收集系統及個人電腦參見照片24，照片25至照片27分別為波高放大指示器及流速放大指示器，照片28左、右所示則分別為擺放於波流交會區中之流速及波高感應計頭。

3-4 實驗配置

為能充分探討波流交會角角度效應之影響，因此，在既有之實驗設備與可應用之儀器限制下，將可能及必要之波流交會角度，考慮由 30° 起，每 15° 調整實驗配置一次，直至 150° 之波流交會角度止。因而可得總實驗配置數為九個，分別如圖一至圖九所示。另為探討波流交互作用前，交互作用中及交互作用後，波浪特性一波高、波長、波形、波浪尖銳度及波流交會角等之變化，因此，於每實驗配置之波渠內，在造波機前設置波高計兩支，用以量測波浪於波流交互作用前之原始波浪特性；另於波渠之尾端，設置波高計三支，並使其呈直角三角形，其中二支沿波渠軸向設置，用以量測波浪通過波流交會區後之波浪特性，另一支配合上述二支之一用以量測波流交會後波浪受流影響其波向之變化情況。而於波流交會之中心區上，設置波高計七支，流速計一支，並使其呈“工”形分佈。以圖一之波流 30° 順向交會配置圖為例，W8-W3及W3-W5係沿波渠軸向設置之波高計，用以量測波流交會區中之波浪特性變化，而W9-W8、W8-W7、W3-W5及W5-W4係垂直波渠軸向設置之波高計，用以量測交會區中，波向之變化特性，其中，C1為流速計，其與W3設置位置甚近，用以量測波流交會過程中，流速之變化情況。

此外，在波流交會中心區中流渠之上、下游棧橋斷面上，尚設置有編號C2及C3之流速計兩支，其主要功用係用以量測並檢視波流交互作用實驗前，流渠橫斷面上流速之大小及其分佈之均勻性。在實驗中，C2同時可用以監測入流流速之變化狀況，關於波高計及流速計之佈置參見照片29及照片30。照片31及照片32為已完成之實驗佈置。照片33至照片36所示則為部分實驗進行中之情況，全部之實驗過程另尚有V8錄影帶一卷可供參考。

3-5 實驗條件

本實驗主要於水深為50.0公分之等深條件下進行。在此水深下，二十個3馬力之潛水式抽水幫浦於流渠寬為10.0公尺之情況下，均勻流之流速最大可達9.0cm/s，實驗使用之均勻流流速因此設定有9.0cm/s，6.0cm/s，4.0cm/s及無流速等四種。波流之交會角自30°起每間隔15°調整一次，直至150°止，總計交會角實驗數有九個。造波之波週期自0.8秒起每0.2秒設定波浪條件一次，最長之波週期為2.0秒。其間波浪週期之選定主要在使其於純波浪條件下，kd值可有效涵蓋深水波及淺水波之條件。波高之決定，於造波週期決定後，根據一般之碎波指標限界，設定其H/L小於0.1，因此，波高有小至2.0公分，大至20.0公分者。

以上之實驗條件，含水深一種；流速四類；波流交會角九個及波高與週期至少四對，總計之實驗數在150個以上。

關於資料收集系統之設定，其各頻道之取樣頻率設定為25.0HZ，取樣時間為2.0分鐘。因此，每頻道之資料儲存量為96KByte。

3-6 實驗步驟

爲探討流存在對波浪特性之影響，因此在進行波流實驗前，首先，進行無流情況之實驗是必須的。藉此步驟之施行，一方面可率定造波機之控制條件，另一方面則可決定所須之波浪條件。波浪條件決定後，接著可啓動造流設備，流速之大小及斷面上流速之均勻性可由棧橋上實際量測資料檢視，必要時可調整開啓抽水幫浦之分佈位置及數目或由流渠之入口堰板調整。只要流渠橫斷面上量測所得之流速大小與預定流速間相比在百分之八十以內，則視均勻流條件控制完成，當然，試驗條件以實際測得之流速起始條件爲準，如此，即可進行波流之交互作用實驗。詳細之步驟及流程如表一所示。表二爲實驗之記錄表。

3-7 實驗結果

本實驗於八十一年十二月十四日完成實驗佈置。隨後即進行實驗測試與正式實驗，至本年（八十二）五月二十一日止實驗全部完成。其中流速計二支及波高計十二支之部分實驗結果經整理後表示於圖十至圖三十一中。由各圖可明顯看出，實驗之資料品質大多良好，但圖二十六至圖三十一之結果則甚難理解，有待進一步分析與研究。

第四章 資料分析

4-1 波形之資料型態

限於本實驗造波系統之功能，因而所得之波形資料，其波高係由小而逐步增大（參考圖十至圖三十一之實驗記錄結果），而此資料型態恰好與群波之型態一致。據理論推估，其應有側頻不穩定性（Side Band Instability）問題。尤其在深水波條件下，由於波速約為波群速度之二倍，因此，在此種資料型態下，引用單純之零上切法（Zero-Cross-Up Method）分析波高及波長應格外小心。

4-2 資料分析法

鑑於本實驗之主要目的係在探討波流交互作用前、交互作用中及交互作用後波浪有關特性之變化，所以資料分析方法將以能自波形記錄中求得代表波高、波長、波形、波浪尖銳度及波向角變化為重點。

4-2-1 波形分析

首先由資料收集系統中讀取各頻道波高計之延時記錄，再以零上切法作成分波波高及週期之初步分析。圖十即為初步分析結果之一例。在圖十中，於各成分波波峰上之數值代表此成分波之波高，在波峰下，零上切位置旁之數值代表此成分波於波列中之波序號，波序號下則為此成分波之波週期。

4-2-2 波高分析

為使波渠中波高、波長及波形之分析於各波高計資料中具對應性，

因此入射波之波高、週期及波序首先必須掌握。以圖一為例，當波流交角小於九十度時以W10為入射波計算之代表，其他配置之入射波則以W2為代表。分析入射波之波形資料後，由波序號第15開始，找出波高相差最小之連續三個波序，以其中間波序號決定其零上切點之時間，並平均此三個連續波序上之波高及週期，即得入射波之波高，週期及其到達之時間。其他沿波渠軸向之波高計，波高及週期之計算同入射波，唯其到達時間及序號之決定則以入射波之到達時間為基準，再利用線性波波速公式先做推估檢定。

4-2-3 波長分析

仿照上述對應波序、波高及週期之推算步驟，當波渠中相鄰波高計之波序號決定後，由其零上切點之對應週期、時間差及相鄰波高計之距離，則波長可依下列公式計算求得。

$$L = \frac{\Delta \ell}{\Delta t} \cdot T$$

式中

$\Delta \ell$ 表相鄰波高計之距離

Δt 表相鄰波高計上，同一成分波抵達之時間差

T 表相鄰波高計上，對應成分波之波週期平均

4-2-4 波形與波浪尖銳度分析

根據各波高計由入射波推估所得之對應波序號後，輸出該對應序號上之波形資料，波形即可求得。至於波浪之尖銳度，依定義，取上述波

高與波長之比值為代表。其他有關之波浪特性量，同理亦可計算求得。

4-2-5 波向角分析

根據實驗現場觀測，波向角之變化，不論考慮或不計流之影響，在本實驗設定之條件下，其波向角之變化一般皆甚小。在此原則下，只要求得垂直波渠軸向上，二相鄰波高計對應波序之成分波其到達時間之時差，則波向角可依下列公式計算：

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{L}{T} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \ell} \right)$$

式中， Δt 及 $\Delta \ell$ 分別為二相鄰波高計上對應波序之時間差及其擺放距離。 T 及 L 則分別為二相鄰波高計擺放位置上，中間波高計上之波週期及波長。若時間差 Δt 為正值則 θ 表正角度，反之則以負角度表示。

4-2-6 流速及流速相位角分析

流速及流速相位角之分析主要以交會區中心上之流速計資料為依據。由圖一至圖九之實驗配置圖知，交會區中心上之流速計其與中心波高計之擺放位置實際上差距僅33.0公分，因此，流速及流速相位角之分析以中心波高計取樣波序所對應之週期及到達時間為控制標準。由於使用之流速計係X-Y全方位式，因而流速及相位角必須分別由其X及Y方向流速分量計算求得。本實驗流速計之主軸方向(正Y方向)係沿流渠軸向設置，並由流渠之進水端指向抽水端，流速計之正X方向因此在面對流渠進水端方向下由右至左定義。流速及流速相位角計算分析時，以沿流速計正Y方向之流速及相位角為正，反之則以負流速及負流速相位角

表示。如此，流速相位角之變化將在 $0^{\circ} \sim \pm 90^{\circ}$ 間，至於中心流速計平均流速之計算係用取樣開始10.0秒內之流速平均值為代表。

4-3 分析成果整理

應用以上之資料分析法及定義，將無流純波浪及波流交互作用之成果各別與其入射波條件比較或將無流及考慮流影響之結果相比較，則可得波流交互作用前、交互作用中及交互作用後波浪特性變化之總結果（參見表三至表八及圖三十二至圖五十五）。

第五章 結果與討論

本實驗由於實驗條件甚多，目前僅有部分實驗資料分析完成。限於篇幅起見，以下僅列舉波流交角 30° 及 150° ，流速為 4cm/s 、 6cm/s 及 9cm/s 之部分大角度交會實驗結果分別比較並討論如后，其餘將於本計畫總結報告中詳述。

5-1 波高之變化

在波流交角為 30° 及 150° 之實驗配置下，波渠之全長約達40公尺左右，因此，設定之入射波高，當其到達波渠尾端時，其波高一般皆有衰減現象。以表三為例，波高計頻道2為入射波高之參考標準，其波高以 H_2 表示，各頻道波高以 H 表示，由表中 H/H_2 之比值可知，在頻道10以後，波高之衰減量約為原入射波高之一半，所以由此值單獨比較無流或波流共存時之各別波高計上波高之變化常不明顯，但以入射波高標準化後之波高比值變化 H/H_0 表示則相對地易於掌握。

對於波流交角為 150° 之實驗佈置而言，由表三至表五中頻道2及頻道5之 H/H_0 比值觀察，當波浪初進入交會區時，其波高確如預期般地會有增大趨勢，但隨流速大小之不同，其在交會區中(以頻道3代表)，波高增長的趨勢亦會隨之差異，離開交會區後(頻道10以後)亦同，此與理論頗相吻合。

對於波流交角為 30° 之實驗佈置而言。由表六至表八中之 H/H_0 比值觀察得知，波浪在流作用下，其進入交會區及離開交會區，波高一般皆會減小，此點與理論之預期結果亦甚一致。

5-2 波長之變化

波流交角為 150° 時，仍以表三至表五中 L/L_0 之比值為比較依據，由比較結果知，波浪於初進入交會區時，波長一定減小，且越深入交會區減少越多，離開交會區時則會再漸次增長。

波流交角為 30° 時，比較表六至表八中之 L/L_0 比值知，波長初進入交會區時，若流速夠大，則波長會增長，但流速不夠強時，波長則先稍減小然後隨深入交會區距離之增長而發展，此因波浪受牽引的影響因素相較增大之故。總體而言，順向流速之作用必會於交會區中促使波長增長。

5-3 波浪尖銳度之變化

比較表三至表八中 H/L 之比值得，波流交角為 150° 時，若流速夠強，則波浪初進入交會區時其尖銳度將增大，但隨之即逐次地遞減。當波流交角為 30° 時，波浪尖銳度一般是逐漸減小的。

5-4 波向角之變化

比較表三至表八中之波向角變化值得，在波流交角為 150° 時，其波向首先向流下游區前進，而後轉往流之上游區。波流交角為 30° 時亦同，亦即無論波浪自何角度入射，其皆會往流渠中心偏移然後再偏離。

5-5 波形之變化

有關無流及波流共存情況，各波高計所記錄之原始波形如圖三十二、圖三十六、圖四十、圖四十四、圖四十八及圖五十二所示，圖三十

三、圖三十七、圖四十一、圖四十五、圖四十九及圖五十三則分爲以其週期及波高無因化後之波形。比較無因化後之波形可知，在波流交角爲 150° 時，因逆向流速之作用，促使波形有被阻滯而前頃增大之趨勢，而在波流交角爲 30° 時，由於順向流速之作用，波形前端雖被拉引而超前，但卻未有前頃增大之現象。此結果應可用以說明何以在逆向波流作用中，波浪尖銳度一般爲增大，而在順向波流作用中，波浪尖銳反而會減小之原因。

5-6 流速及流速相位角之變化

在無流作用之情況下，圖三十四、圖三十八、圖四十二、圖四十六、圖五十及圖五十四之流速及流速相位圖實則爲波浪之水粒子速度與其速度之水平相位圖。由於本實驗之流速計與波高計相距50公分，且流速計感應器位於水下22公分處，因此出現有相位稍爲偏差之情況，唯就流速之大小觀之，純波浪運動所引致之水粒子運動速度，其速度與波形同相位，且流速大小原本即甚爲可觀，當與流速作用後，由圖三十五、圖三十九、圖四十三、圖四十七、圖五十一及圖五十五知，流速及波流交會角對波浪水粒子速度及速度相位將具有加強與抵消之效果，較強之流速並將會主導整個流場之型態。

第六章 檢討與結論

有關波流交互作用之全部實驗結果，由於多數資料尚在分析整理中，因而對波流交互作用實驗之結論目前尚保留。以下僅就本實驗之配置、分析方法及初步分析結果提出幾點檢討結論。

- (1)就實驗配置而言，若波高計之數量能配合，則在決定測取波長之波高計相鄰間距時，於波高計不發生互相干擾之情況下應儘量配置使其相近，如此可避免波長分析及計算之困擾，同時可提高其計算之精度。
- (2)本實驗曾嚐試許多資料分析法，唯目前使用之分析法經測試後證明其尚為精確可用。
- (3)波流實驗資料之初步分析結果，其與理論之波浪變化特性趨勢大致吻合，尤以交角 30° 及 150° 時更為顯著。
- (4)波流交互作用引致之波浪特性變化，其在波浪初進入交會區時最為明顯可見。
- (5)由於各種波浪特性之變化於波流之初交會區即開始發生作用而隨之逐漸發展，因此，若設備、儀器、人力及時間能充分配合，應加強此區域之量測與觀測。

參考文獻

- 1.Barber, N. F., "The Behavior of Waves on Tidal Streams", Proceedings of the Royal Society, London, England, Series A, vol. 198, No. A 1052, July 1949, pp.81 – 93.
- 2.Brevik, I., "Flume Experiment on waves and Currents II. Smooth Bed", Coastal Engineering, Amsterdam, The Netherlands, Vol. 4, No.2, 1980, pp.78 – 110.
- 3.Christoffersen J. B., "A Simple Turbulence Model for a Three – Dimensional Current Wave Motion on a Rough Bed", Internal Report, Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering (ISVA), Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, Nov. 1980a.
- 4.Christoffersen J. B., "The Connection Between Energy Dissipation and Shear Stress for a Three – Dimensional Current Wave Motion," Internal Report, Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering (ISVA), Technical University of Denmark, Dec. 1980b.
- 5.Christoffersen J. B., "Current Depth Refraction of Dissipative water Waves," Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering (ISVA), Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, 1982.
- 6.Christoffersen J. B. and Jonsson, I. G., "A Note on Wave

- Action Conservation in a Dissipative Current Wave Motion," - Applied Ocean Research, Southampton, England, Vol. 2, No.4, Oct. 1980, pp.179 – 182.
- 7.Christoffersen J. B. and Jonsson, I. G., "An Energy Reference Line for Dissipative Water Waves on a Current," Journal of Hydraulic Research, Delft, The Netherlands, Vol. 19, No. 1, 1981, pp.1 – 27(also published as Report No. 177, Danish Center for Applied Mathematics and Mechanics (DCAMM), Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, Apr. 1980) .
 - 8.Christoffersen J. B., Skovgaard, O., and Jonsson, I. G., "A Numerical Model for Current Depth Refraction of Dissipative Waves," Proceedings of the International Symposium on Hydrodynamics in Ocean Engineering, Norwegian Hydrodynamics Laboratories, Trondheim, Norway, Vol. 1, 1981, pp.425 – 445.
 - 9.Dalrymple, R. A., "Finite – Amplitude Wave on a Linear Shear Current," Journal on Geophysical Research, Vol. 79, No. 30, Oct. 1974a, pp.4498 – 4504.
 - 10.Darlrymple, R. A., "Water Waves on a Bilinear Shear Current," Proceedings of the 14th Conference on Coastal Engineering, American Society of Civil Engineers, 1974b, pp.626 – 641.
 - 11.Dalrymple, R. A., "A Numerical Model for Periodic Finite Amplitude Waves on a Rotational Fluid," Journal of Computational Physics, Bruges, Belglum, Vol. 24, No. 1, May 1977,pp.29 – 42.

12. Dalrymple, R. A., "Longshore Currents with Wave-Current Interaction," Journal of the Waterways, Port, Coastal and Ocean Division, Vol. 106, No. ww3, Aug. 1980, pp.414-420.
13. Jonsson, I. G., "Energy Flux and Wave Action in Gravity Waves Propagating on a Current," Journal of Hydraulic Reserch, Delft, the Netherlands, Vol. 16, No. 3, 1978a, pp.223-234. (errata in Vol. 17, No. 1, 1979) .
14. Jonsson, I. G., "Combinations of Waves and Currents, " Stability of Tidal Inlets, P. Bruun, ed., Ist ed., Developments in Geotechnical Engineering, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands, Vol. 23, Ch. 3.2, 1978b, pp.162-203.
15. Jonsson, I. G., Brink-Kjaer, O., and Thomas, G. P., "Wave Action and Set-Down for Waves on a Shear Current," Journal of Fluid Mechanics, Cambridge, England, Vol. 87, No. 3, Aug. 1978, pp.401-416.
16. Longuet-Higgins, M. S. and Stewart, R. W., "Changes in the Form of Short Gravity Waves on Long Waves and Tidal Currents," Journal of Fluid Mechanics, Cambridge, England, Vol. 8, No. 4, Aug. 1960, pp.565-583.
17. Longuet-Higgins, M.S., and Stewart, R. W. "The Changes in Amplitude of Short Gravity Waves on Steady Non-Uniform Currents," Journal of fluid Mechanics, Cambridge, England, Vol. 10, No. 4, June 1961, pp.529-549.

18. Longuet – Higgins, M. S. and Stewart, R. W., “Radiation Stress and Mass Transport in Gravity Waves, with Application to ‘Surfbeat’,” *Journal of Fluid Mechanics*, Cambridge, England, Vol. 13, No. 4, Aug. 1962, pp.481 – 504.
19. Longuet – Higgins, M. S., and Stewart, R. W., “Radiation Stresses in Water Waves; a Physical discussion, with applications,” *Deep – Sea Research*, Oxford, England, Vol. 11, No. 4, Aug. 1964, pp.529 – 562.
20. Peregrine, D. H., “Interaction of Water Waves and Currents,” *Advances in Applied Mechanics*, Vol. 16, Academic Press, New York, 1976, pp.9 – 117.
21. Peregrine, D. H., “Caustics and Wave Jumps in the Refraction of Nonlinear water Waves,” unpublished, 1982.
22. Peregrine, D. H., and Smith R., “Stationary Gravity Waves on Non – Uniform Free Streams Jet – Like Streams,” *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, Cambridge, England, Vol. 77, No. 2, Mar. 1975, pp.415 – 438.
23. Peregrine, D. H., Jonsson, I. G., and Galvin, C. J., “Annotated Bibliography on Wave – Current Interaction,” MR 83 – 7. U.S. Army, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Fort Belvoir, Va., Mar. 1983.
24. Sakal, S., et al, “Interaction Between Finite Amplitude Waves and Opposing Current on Sloping Sea Bed,” *Proceeding of the International Symposium on Hydrodynamics in Ocean Enginee-*

ring, Norwegian Hydrodynamic Laboratories, Trondheim, Norway, Vol. 1, 1981, pp.367 – 391.

25.Thomas, G. P., “Wave – Current Interactions: An Experimental and Numerical Study, Part I, Linear Wave,” *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 110, Sept. 1981, pp.457 – 474.

26.Tung, C. C., and Huang, N. E., “Combined Effects of Current and Waves on Fluid Force,” *Ocean Engineering*, Vol. 2, No. 4, 1973a, pp.183 – 193.

27.Tung, C. C., and Huang, N.E., “Influence of Wave – Current Interactions on Fluid Force,” *Ocean Engineering*, Vol. 2, No. 5, 1973b, pp.207 – 218.

28.Tung, C. C.,and Huang, N. E., “Statistical Properties of Wave – Current Force,” *Journal of the Waterways, Harbors, and Coastal Engineering Division*, Vol. 99, No. ww3, 1973c, pp.341 – 352.

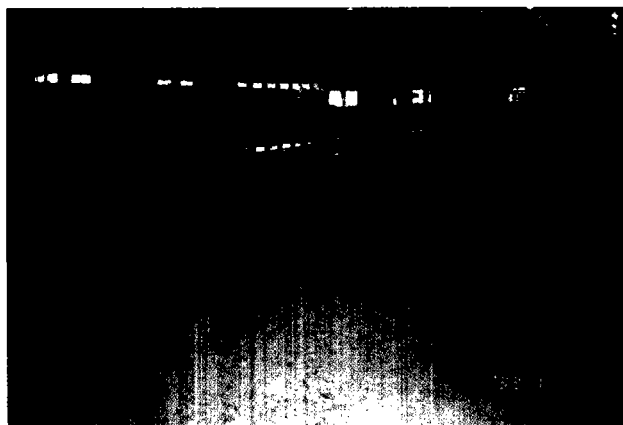
29.Tung, C. C., and Huang, N. E., “Influence of Current on Some Statistical Properties of Waves,” *Journal of Waterways, Harbors, and Coastal Engineering Division*, Vol. 100, No. ww4, 1974, pp.267 – 278.

30.Tung, C. C., and Huang, N. E., “Interactions between Waves and Currents and Their Influence on Fluid Forces,” *Proceedings of the First International Conference on Behaviour of Off – Shore Structures (Boss)*, Trondheim, Norway, Vol. 1, 1976, pp.129 – 143.

31. Van Doorn, T., "Experimental investigation of Near – Bottom Velocities in Water Waves without and with a Current," Report No. 1423, Delft Hydraulics Laboratory, The Netherlands, unpublished, 1981.
32. Vincent, C. E., "The Interaction of Wind – Generated Sea Waves with Tidal Currents," Journal of Physical Oceanography, Vol. 9, No. 4, July 1979, pp.748 – 755.
33. 黃煌輝、林呈、林西川，"波浪在均勻水流流場中之特性變化"，港灣技術，第一期，1985，pp.51 – 75。
34. 林銘崇、許永誠，"波浪折射—繞射與水流共同效應之有限一邊界元素解析"，國立台灣大學造船工程學研究所研究報告第227號，1986。
35. 林銘崇、蕭松山、侯廷易，"波浪折射—繞射與水流之共同效應"，第十二屆海洋工程研討會論文集，1990，pp.221 – 235。
36. 陳陽益、莊文傑，"波流交互作用理論之初步探討"，第十二屆海洋工程研討會論文集，1990，pp.248 – 265。
37. 莊文傑，"波與流交互作用之研究(一)"，台灣省政府交通處港灣技術研究所，期中報告，1990。
38. 陳陽益、莊文傑，"波與流交互作用之研究(二)"，台灣省政府交通處港灣技術研究所，期中報告，1991。
39. 陳陽益、張憲國，"波與流交互作用之研究(三)"，台灣省政府交通處港灣技術研究所，期中報告，1992。
40. 林銘崇、蕭松山、莊文傑，"大型圓柱周邊波流交互作用"，第十四屆海洋工程研討會論文集，1992，pp.283 – 298。



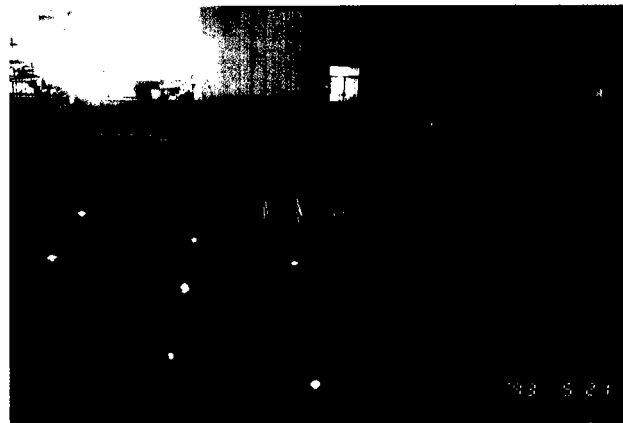
照片1 平面水槽前段



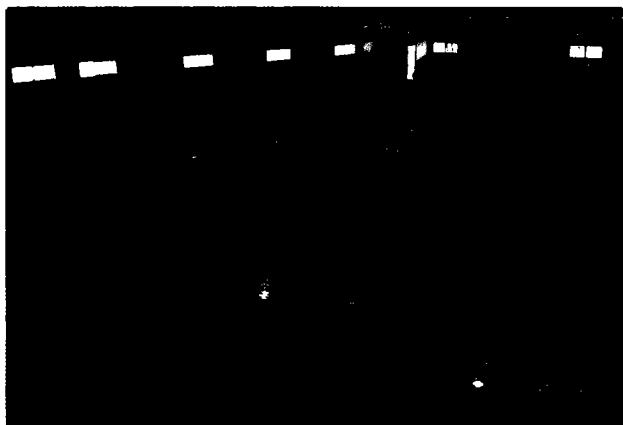
照片2 平面水槽後段



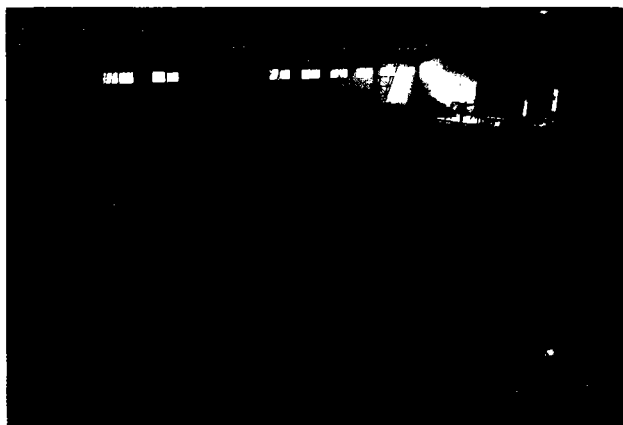
照片3 流渠進水端



照片4 流渠抽水端



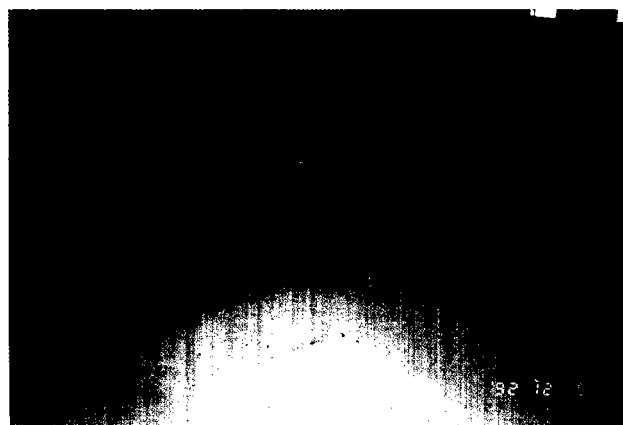
照片5 流渠進水端



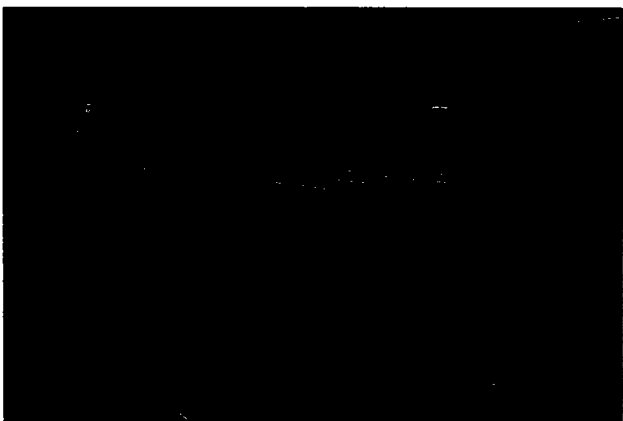
照片6 流渠抽水端及波渠前端



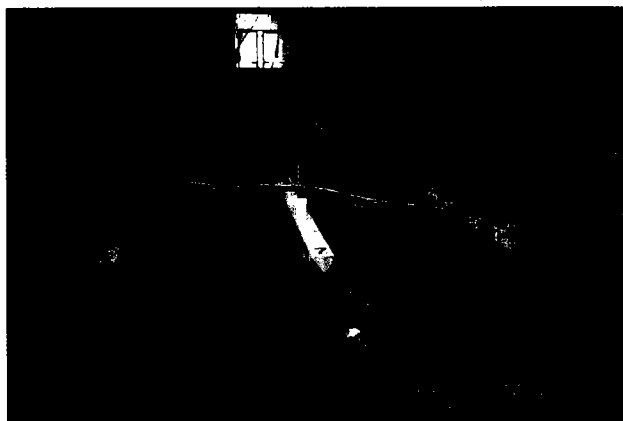
照片7 流渠進水端之整流矮堰、入口堰及分流導牆



照片8 流渠進水端出口之濾網



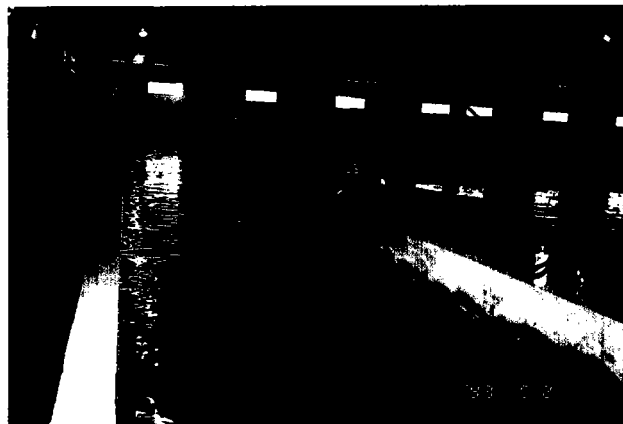
照片9 流渠抽水端之分流導牆



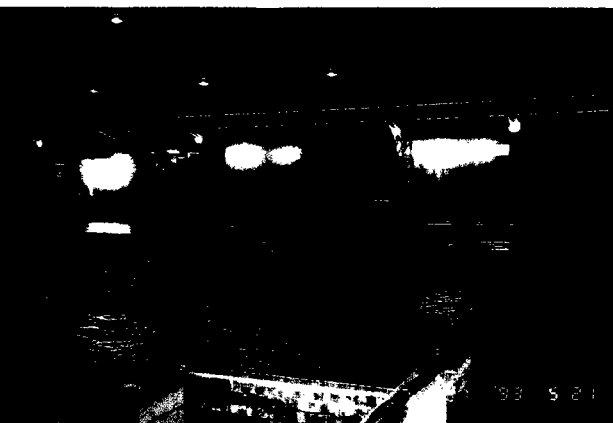
照片10 流渠抽水端之分流導牆、
整流矮堰及抽水幫浦組合



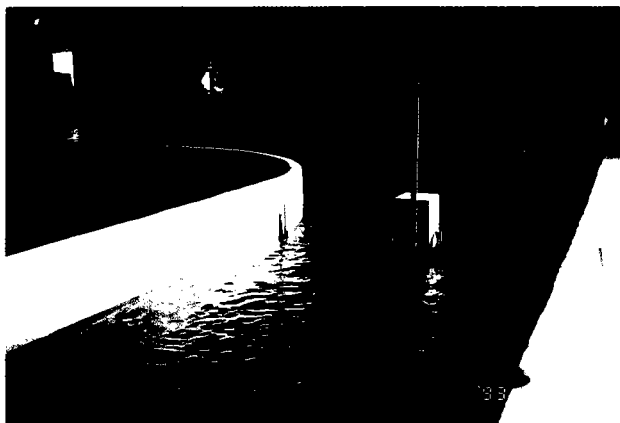
照片11 靜水池



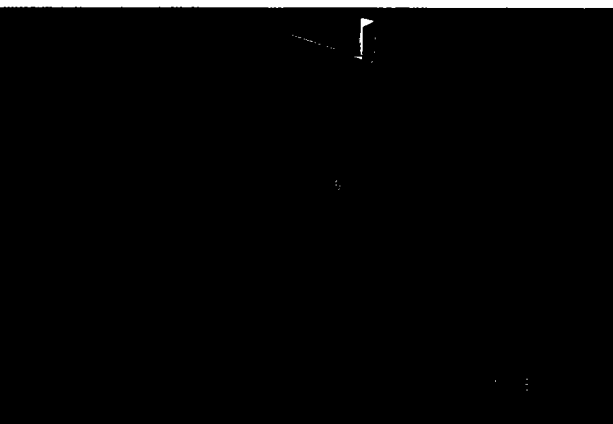
照片12 迴流渠道



照片13 靜水池入口處之
流量控制堰



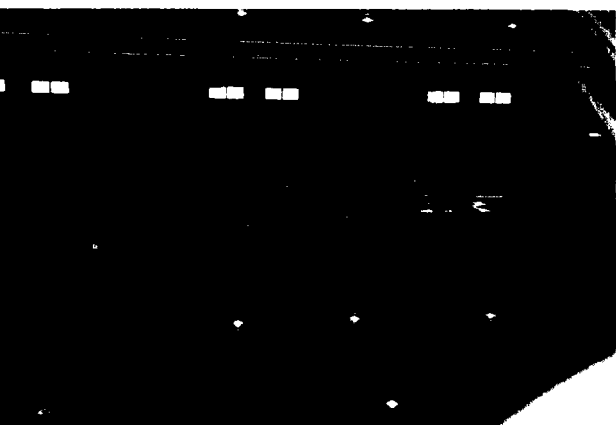
照片14 靜水池出口處流量控制堰



照片15 造波機及迴流水道



照片16 波渠尾端、導波板及消波網



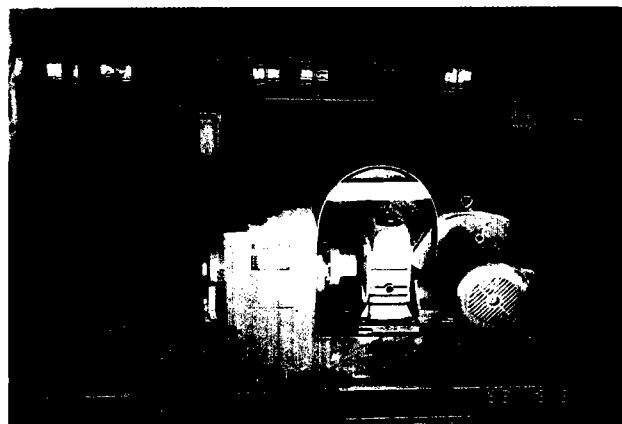
照片17 波流渠交會區上之棧橋



照片18 棧橋之流速控制斷面



照片19 造波機控制系統



照片20 造波機傳動系統



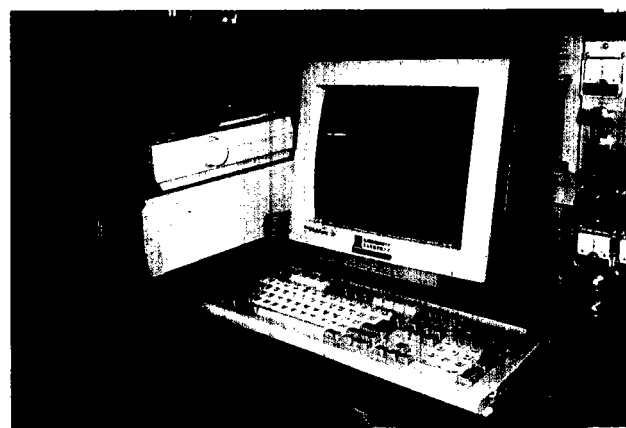
照片21 潛水式幫浦及抽水管($\phi 4''$)



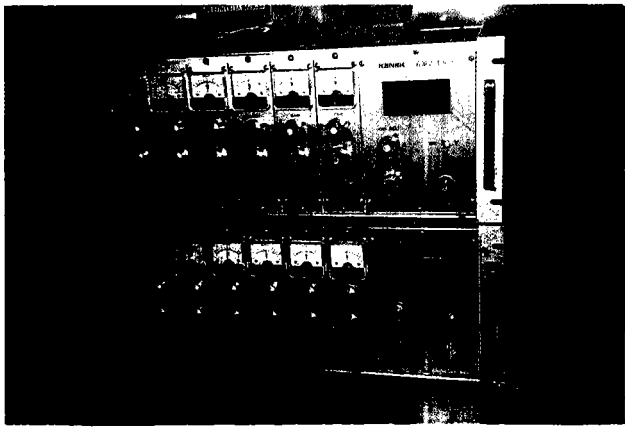
照片22 抽水幫浦起動



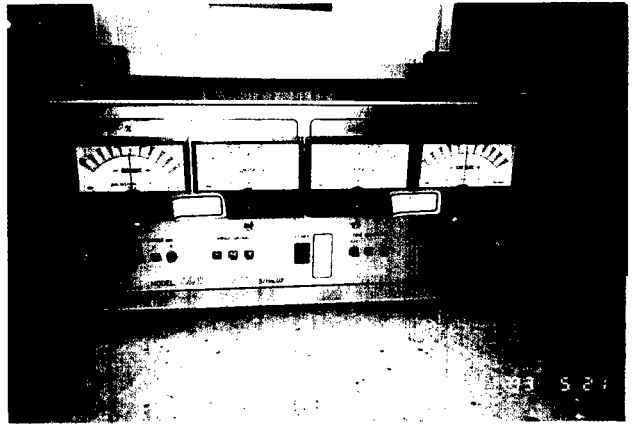
照片23 量測儀器系統



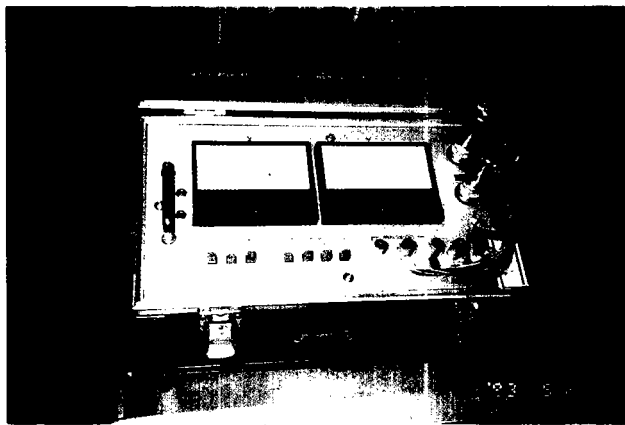
照片24 資料收集系統與個人電腦



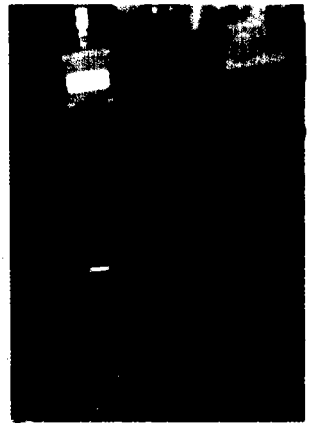
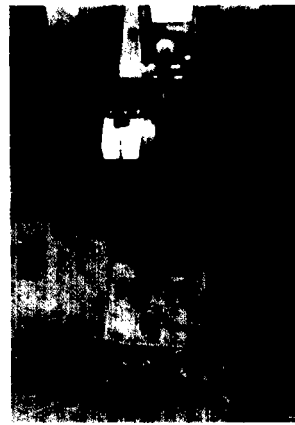
照片25 波高計放大指示器
(KENEK 容量式波高計)



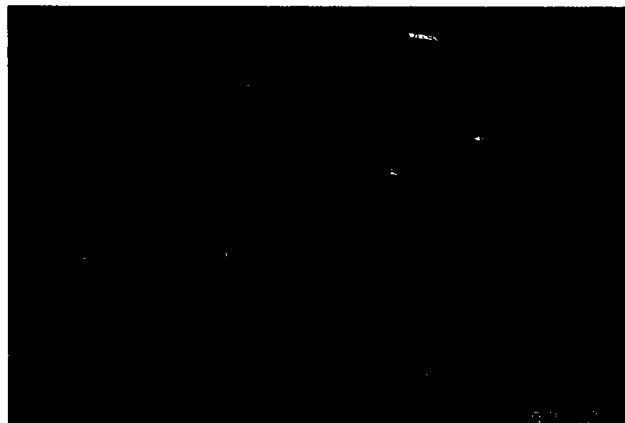
照片26 流速計放大指示器
(ACM-250W)



照片27 流速計放大指示器
(ACM-250)



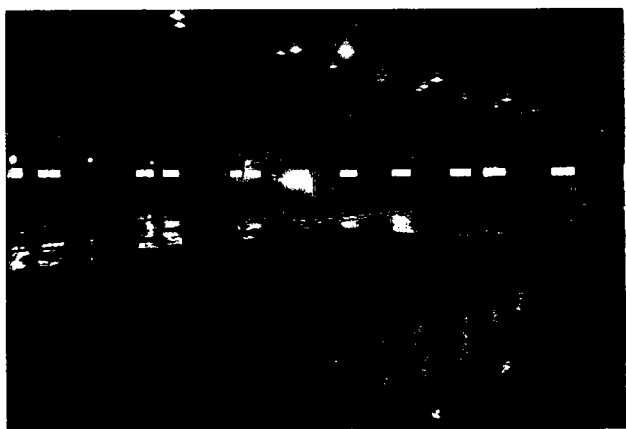
照片28 電磁式流速感應計(左)及
容量式波高計(右)



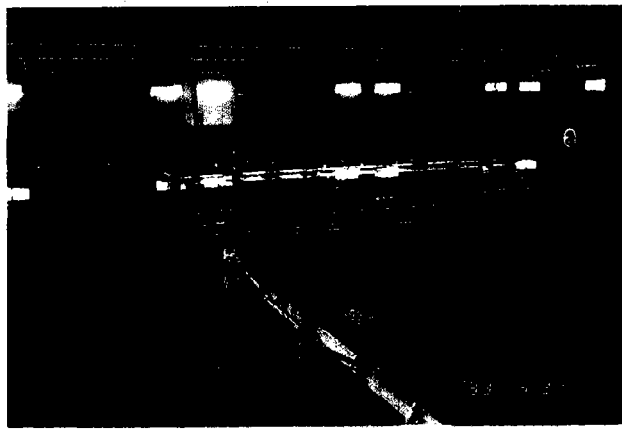
照片29 波流交會中心區內波
高計及流速計之配置



照片30 波流交會中心區內波高計及
流速計之配置



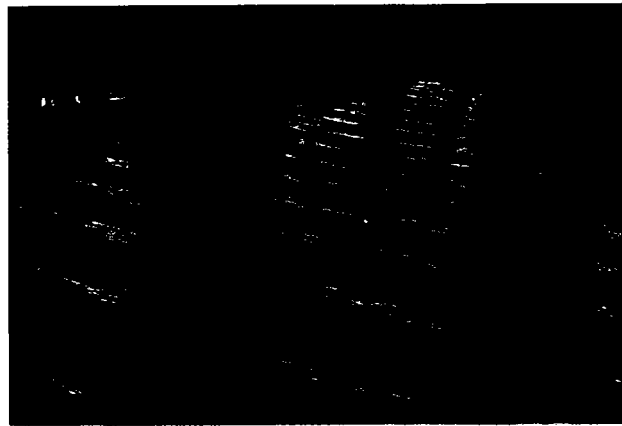
照片31 波流交角 90° 之實驗配置



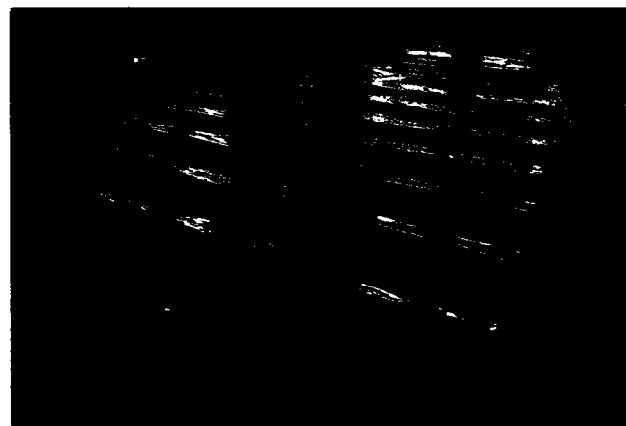
照片32 波流交角 90° 之實驗配置



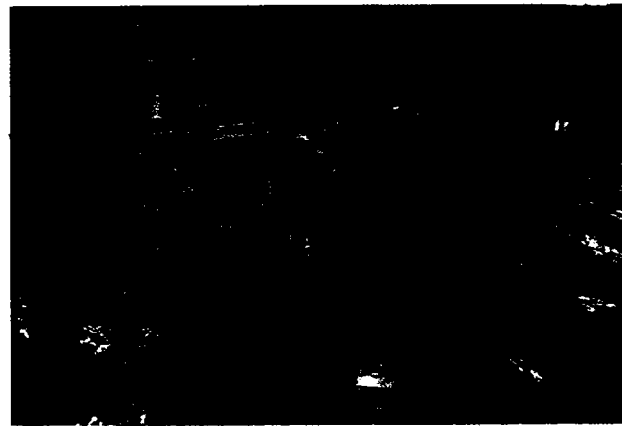
照片33 進行中之實驗



照片34 進行中之實驗

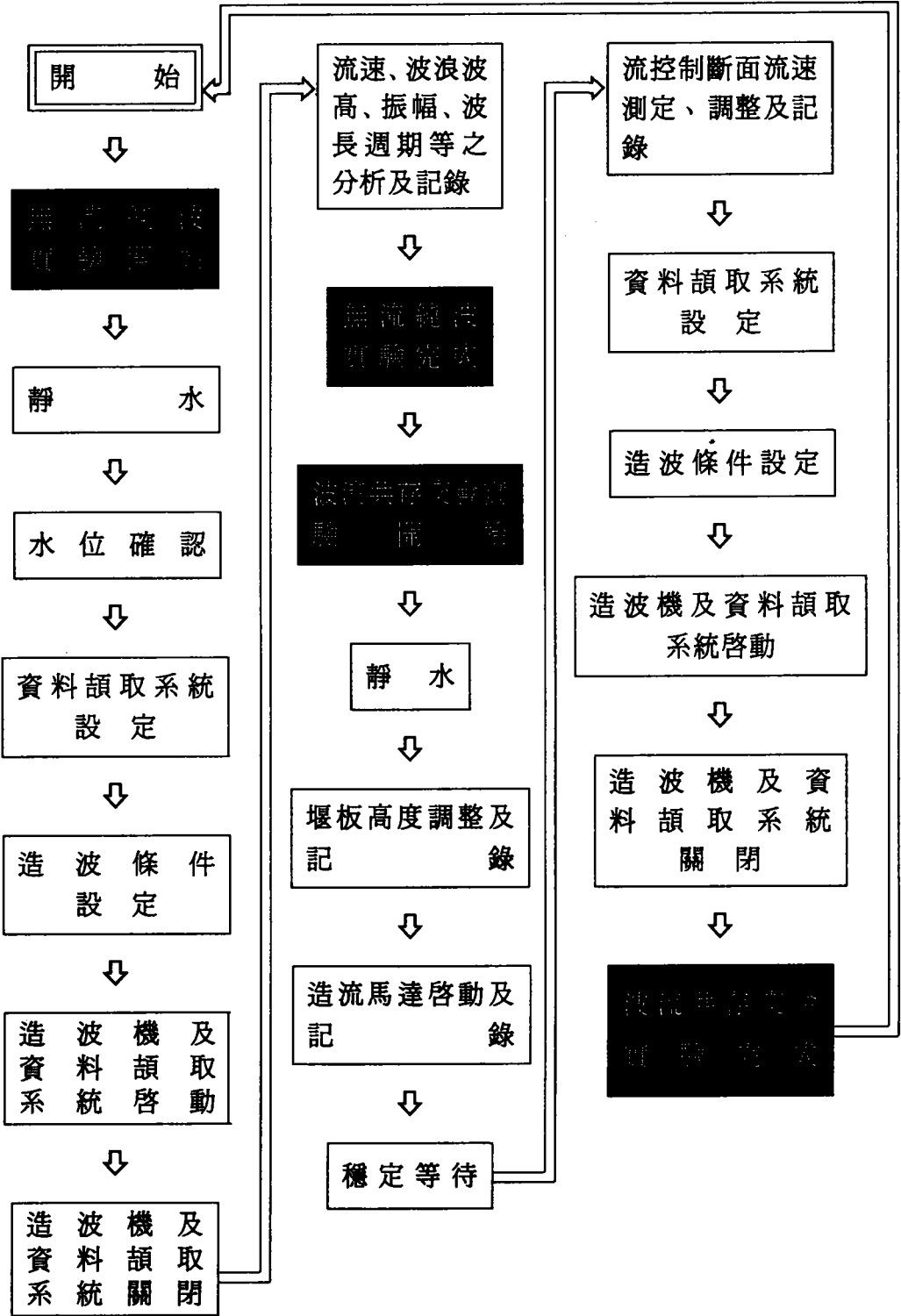


照片35 進行中之實驗



照片36 進行中之實驗

表一、波與流交互作用實驗流程



表二、波與流交互作用實驗記錄表

日期	81年12月28日15時00分										記 錄												
資料 檔 案	率 定	R302 .RAT										資 料 檔 案	關 板	.DAT									
	純 波	R318B202 .DAT											開 板	R318B2H2 .DAT									
水 深(d)		30 (Cm)										交會角 (θ)		30 ($^{\circ}$)									
取 樣 波 浪 序 數		波高(H)		11.62		a^+		+7.24 (Cm)		偏 心 距		112											
		$H = a^+ - a^-$		(Cm)		a^-		-4.38 (Cm)															
		週 期 (T)				波 長 (L)				轉 速 (R.P.M.)		602											
$\kappa (= 2\pi / L)$				κa^+				κd				H / L				d / L							
預 計 流 況		☒ 均勻流 ; ☐ 非均勻流										預計最大流速		17.0 (Cm / Sec)									
馬達 開啓 組合	1	✓	2	✓	3	✓	4	✓	5	✓	6	✓	7	✓	8	✓	9	✓	10	✓			
	11	✓	12	✓	13	✓	14	✓	15	✓	16	✓	17	✓	18	✓	19	✓	20	✓			
入流 堰板 組合	10	2.8	9	2.5	8	2.5	7	2.5	6	2.3	5	2.5	4	2.5	3	2.5	2	2.5	1	2.3			
靜水池 堰 板 組 合	出 流	左									迴 流	左											
		右										右											
編號	C2 at 5.5m 關板流速【×中心流速：X: ;Y: 】																						
斷面	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0						
上 游	X																						
	Sec.1 Y																						
下 游	X																						
	Sec.2 Y																						
編號	開板流速【×中心流速：X: 1 ;Y: 17 】																						
斷面	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0						
上 游	X	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0						
	Sec.1 Y	13.0	15.0	16.0	17.5	17.5	17.5	18.0	17.5	17.5	16.5	17.0	16.0	17.0	17.0	17.5	20.0	20.0					
下 游	X	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0						
	Sec.2 Y	13.0	14.7	14.5	15.5	16.5	16.5	17.0	16.5	16.5	15.5	15.0	15.0	15.0	15.0	17.5	17.5						

表三、波流交角150°，純波之實驗結果

TOTAL PROCESSED FILES :2
CASE: REVERSE CURRENT

FILE FOR PURE WAVE : R325A001.dat
DEPTH=50.00(CM) ANGLE=150.00 (DEG)
CENTER VEL.= .000 (CM / S) UPSTREAM VEL.= .000 (CM / S)
T = 1.420 (SEC) H=12.946 (CM)
CAL. Linc=245.261 (CM) THEORY Linc=262.014 (CM)
CAL. Lcen=259.836 (CM) THEORY Lcen=255.415 (CM)
H / L= .0528 KA+ = .1754 KD = 1.281

CH.	T	H	L	A+	A-	H/L	KA	KD
1	1.391	10.596	245.261	5.567	-4.980	.0432	.1426	1.281
2	1.420	12.946	245.261	6.845	-6.114	.0528	.1754	1.281
3	1.394	12.754	259.836	6.902	-5.872	.0491	.1669	1.209
4	1.385	8.734	259.836	4.773	-4.064	.0336	.1154	1.209
5	1.387	11.810	259.836	6.219	-5.500	.0455	.1504	1.209
6	1.387	10.635	259.836	5.893	-4.712	.0409	.1425	1.209
7	1.379	12.324	293.052	6.807	-5.585	.0421	.1460	1.072
8	1.391	7.923	293.052	4.053	-3.945	.0270	.0869	1.072
9	1.377	12.806	293.052	7.099	-5.674	.0437	.1522	1.072
10	1.432	6.449	272.797	3.568	-2.936	.0236	.0822	1.152
11	1.410	7.223	272.797	3.899	-3.513	.0265	.0898	1.152
12	1.422	6.898	272.797	3.466	-3.526	.0253	.0798	1.152

CH.	T / T2	H/H2	L/L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	.980	.818	1.000	.813	.815	.818	.813	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.1.000	1.000
3	.982	.985	1.059	1.008	.960	.930	.952	.944
4	.975	.675	1.059	.697	.665	.637	.658	.944
5	.977	.912	1.059	.908	.900	.861	.858	.944
6	.977	.821	1.059	.861	.771	.775	.813	.944
7	.971	.952	1.195	.994	.914	.797	.832	.837
8	.980	.612	1.195	.592	.645	.512	.496	.837
9	.970	.989	1.195	1.037	.928	.828	.868	.837
10	1.008	.498	1.112	.521	.480	.448	.469	.899
11	.993	.558	1.112	.570	.575	.502	.512	.899
12	1.001	.533	1.112	.506	.577	.479	.455	.899

01 02 03 04 05
5.104 7.839 13.396 9.563 8.872

表三(續)波流交角150°,波流交互作用之實驗結果

FILE FOR WAVE - CURRENT INTERACTION :R325A041.dat

DEPTH=50.00(CM) ANGLE=150.00 (DEG)

CENTER VEL.= 3.063 (CM/S) UPSTREAM VEL.= 3.344 (CM/S)

T = 1.380 (SEC) H=13.460 (CM)

CAL. Linc=248.328 (CM) THEORY Linc=251.833 (CM)

CAL. Lcen=256.850 (CM) THEORY Lcen=248.860 (CM)

H/L= .0542 KA+ = .2039 KD = 1.265

CH	T	H	L	A+	A-	H/L	KA	KD
1	1.413	11.133	248.328	5.941	-5.133	.0448	.1503	1.265
2	1.308	13.460	248.328	8.057	-5.400	.0542	.2039	1.265
3	1.389	14.121	256.850	7.405	-6.911	.0550	.1812	1.223
4	1.390	7.923	256.850	4.496	-3.412	.0308	.1124	1.223
5	1.387	13.665	256.850	7.659	-6.081	.0532	.1874	1.223
6	1.386	12.842	256.850	6.805	-6.114	.0500	.1665	1.223
7	1.416	14.017	285.668	8.408	-5.596	.0491	.1849	1.100
8	1.399	8.402	285.668	4.408	-4.010	.0294	.0970	1.100
9	1.417	14.909	285.668	8.105	-6.680	.0522	.1783	1.100
10	1.372	3.770	292.809	1.643	-2.087	.0129	.0353	1.073
11	1.387	9.499	292.809	5.241	-4.017	.0324	.1125	1.073
12	1.396	7.083	292.809	3.926	-3.134	.0242	.0842	1.073

CH	T/T2	H/H2	L/L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.024	.827	1.000	.737	.951	.827	.737	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.006	1.049	1.034	.919	1.280	1.014	.889	.967
4	1.007	.589	1.034	.570	.632	.569	.551	.967
5	1.005	1.015	1.034	.951	1.126	.982	.919	.967
6	1.004	.954	1.034	.845	1.132	.922	.817	.967
7	1.026	1.041	1.150	1.043	1.036	.905	.907	.869
8	1.014	.624	1.150	.547	.743	.543	.476	.869
9	1.027	1.108	1.150	1.006	1.237	.963	.874	.869
10	.994	.280	1.179	.204	.387	.238	.173	.848
11	1.005	.706	1.179	.650	.744	.598	.552	.848
12	1.011	.526	1.179	.487	.580	.446	.413	.848

01	02	03	04	05
1.762	6.296	13.057	6.014	.572

THE DATA RATIO OF -WC/PW- FOR EACH CHANNEL ARE:

CH.	T/To	H/Ho	L/Lo	A+/A0	A-/A0-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.0451	1.0105	1.0000	.9067	1.1671	1.0105	.9067	1.0000
2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.000	1.0000
3	1.0249	1.0649	.9763	.9116	1.3326	1.0907	.9337	1.0243
4	1.0326	.8725	.9763	.8179	.9505	.8937	.8378	1.0243
5	1.0291	1.1129	.9763	.10464	1.2518	1.1399	.10718	1.0243
6	1.0279	1.1614	.9763	.9811	1.4692	1.1896	1.0049	1.0243
7	1.0563	1.0939	.9628	1.0493	1.1345	1.1362	.10899	1.0387
8	1.0344	1.0199	.9628	.9240	1.1509	1.0593	.9597	1.0387
9	1.0586	1.1197	.9628	.9699	1.3330	1.1630	1.0074	1.0387
10	.9862	.5622	1.0601	.3913	.8050	.5303	.3691	.9433
11	1.0120	1.2648	1.0601	1.1419	1.2947	1.1931	1.0772	.9433
12	1.0098	.9877	1.0601	.9622	1.0066	.9317	.9077	.9433

0wc1-0pw1	0wc2-0pw2	0wc3-0pw3	0wc4-0pw4	0wc5-0pw5
-3.3119	-1.5431	-.3388	-3.5496	-8.3001

表四、波流交角150°，純波之實驗結果

TOTAL PROCESSED FILES :2
CASE: REVERSE CURRENT

FILE FOR PURE WAVE : R3103302.dat

DEPTH=50.00(CM) ANGLE=150.00 (DEG)

CENTER VEL.= .000 (CM / S) UPSTREAM VEL.= .000 (CM / S)

T = 0.777 (SEC) H=7.105 (CM)

CAL. Linc=100.769 (CM) THEORY Linc=94.007 (CM)

CAL. Lcen=108.302 (CM) THEORY Lcen=100.130 (CM)

H / L= 0.0711 KA+ = 0.2589 KD = 3.118

CH.	T	H	L	A+	A-	H / L	KA	KD
1	.800	6.152	100.769	3.389	-2.695	.0611	.2113	3.118
2	.777	7.165	100.769	4.152	-3.016	.0711	.2589	3.118
3	.803	5.355	108.302	2.882	-2.489	.0494	.1672	2.901
4	.804	5.124	108.302	2.245	-2.491	.0473	.1303	2.901
5	.793	5.719	108.302	2.805	-2.850	.0528	.1627	2.901
6	.784	8.395	108.302	4.674	-3.793	.0775	.2712	2.901
7	.795	9.251	106.248	5.247	-4.186	.0871	.3103	2.957
8	.791	9.027	106.248	4.831	-4.212	.0850	.2857	2.957
9	.779	3.376	106.248	1.694	-1.685	.0318	.1002	2.957
10	.801	6.927	109.277	4.197	-2.883	.0634	.2413	2.875
11	.802	6.198	109.277	3.733	-2.879	.0567	.2146	2.875
12	.827	3.952	109.277	2.079	-1.622	.0362	.1196	2.875

CH.	T / T2	H / H2	L / L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.030	.859	1.000	.816	.894	.859	.816	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.033	.747	1.075	.694	.826	.695	.646	.930
4	1.034	.715	1.075	.541	.826	.665	.503	.930
5	1.020	.798	1.075	.675	.945	.743	.628	.930
6	1.009	1.172	1.075	1.126	1.258	1.090	1.047	.930
7	1.023	1.291	1.054	1.264	1.388	1.225	1.199	.948
8	1.017	1.260	1.054	1.163	1.397	1.195	1.103	.948
9	1.003	.471	1.054	.408	.559	.447	.387	.948
10	1.030	.967	1.084	1.011	.956	.892	.932	.922
11	1.032	.865	1.084	.899	.955	.798	.829	.922
12	1.064	.552	1.084	.501	.538	.509	.462	.922

θ1 θ2 θ3 θ4 θ5
1.763 -5.624 .178 -3.75 3.246

表四(續)波流交角150°,波流交互作用之實驗結果

FILE FOR WAVE - CURRENT INTERACTION :R3103362.dat									
DEPTH=50.00(CM) ANGLE=150.00 (DEG)									
CENTER VEL.= 5.851 (CM/S) UPSTREAM VEL.= 7.855 (CM/S)									
T = .773 (SEC) H=6.898 (CM)									
CAL. Linc=106.046 (CM) THEORY Linc=92.925 (CM)									
CAL. Lcen=104.618 (CM) THEORY Lcen=90.395 (CM)									
H/L=.0650 KA+ = .2341 KD = 2.962									
CH	T	H	L	A+	A-	H/L	KA	KD	
1	.778	7.103	106.046	4.051	-2.951	.0670	.2400	2.962	
2	.773	6.898	106.046	3.951	-2.963	.0650	.2341	2.962	
3	.796	9.105	104.618	4.513	-4.598	.0870	.2710	3.003	
4	.785	3.617	104.618	1.578	-1.635	0.346	.0948	3.003	
5	.806	6.286	104.618	3.524	-2.502	.0601	.2116	3.003	
6	.800	9.063	104.618	4.759	-4.177	.0866	.2858	3.003	
7	.796	8.994	104.597	5.219	-3.629	.0860	.3135	3.004	
8	.770	7.715	104.597	4.280	-3.543	.0738	.2571	3.004	
9	.813	7.266	104.597	4.281	-3.160	.0695	.2572	3.004	
10	.793	6.419	109.830	3.835	-2.747	.0584	.2194	2.860	
11	.791	5.560	109.830	2.702	-2.611	.0506	.1546	2.860	
12	.714	6.400	109.830	2.012	-1.943	.0583	.1151	2.860	
CH	T/T2	H/H2	L/L2	A+/A2	A-/A2-	H/L-RAT	KA/RAT	KD-RAT	
1	1.007	1.030	1.000	1.025	.966	1.030	1.025	1.000	
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
3	1.030	1.320	.987	1.142	1.552	1.338	1.158	1.014	
4	1.016	.524	.987	.399	.552	.531	.405	1.014	
5	1.043	.911	.987	.892	.844	.924	.904	1.014	
6	1.035	1.314	.987	1.204	1.410	1.332	1.221	1.014	
7	1.030	1.304	.986	1.321	1.225	1.322	1.339	1.014	
8	.997	1.118	.986	1.083	1.196	1.134	1.098	1.014	
9	1.023	1.053	.986	1.084	1.067	1.068	1.099	1.014	
10	1.026	.931	1.036	0.971	.927	.899	.937	.966	
11	1.024	.806	1.036	0.684	.881	.778	.660	.966	
12	.924	.928	1.036	0.509	.656	.896	.492	.966	
01	02	03	04	05					
-6.068	4.952	-1.568	8.774	6.072					
THE DATA RATIO OF -WC/PW- FOR EACH CHANNEL ARE:									
CH.	T/T0	H/H0	L/L0	A+/A0	A-/A0-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT	
1	.9776	1.1992	1.0000	1.2561	1.1146	1.1992	1.2561	1.0000	
2	1.000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
3	.9975	1.7661	.9179	1.6458	1.8800	1.9240	1.7930	1.0894	
4	.9823	.7332	.9179	.7386	.6679	.7987	.8047	1.0894	
5	1.0225	1.1416	.9179	1.3204	.8935	1.2436	1.4384	1.0894	
6	1.0258	1.1213	.9179	1.0700	1.1208	1.2215	1.1656	1.0894	
7	1.0065	1.0098	.9355	1.0453	.8822	1.0795	1.1174	1.0690	
8	.9799	.8877	.9355	.9310	.8560	.9490	.9952	1.0690	
9	1.0500	2.2357	.9355	2.6564	1.9087	2.3899	2.8396	1.0690	
10	.9964	.9626	.9551	.9603	.9697	1.0079	1.0055	1.0471	
11	.9927	.9318	.9551	.7607	.9230	.9756	.7965	1.0471	
12	.8681	1.6821	.9551	1.0168	1.2195	1.7613	1.0646	1.0471	
0wc1-0pw1	0wc2-0pw2	0wc3-0pw3	0wc4-0pw4	0wc5-0pw5					
-7.8305	10.2155	-1.7461	9.1494	2.8256					

表五、波流交角150°，純波之實驗結果

TOTAL PROCESSED FILES :2
CASE: REVERSE CURRENT

FILE FOR PURE WAVE :R3104002.dat

DEPTH=50.00(CM) ANGLE=150.00 (DEG)

CENTER VEL.= .000 (CM / S) UPSTREAM VEL.= .000 (CM / S)

T = .793 (SEC) H = 9.642 (CM)

CAL. Linc=106.425 (CM) THEORY Linc=97.759 (CM)

CAL. Lcen=117.570 (CM) THEORY Lcen=99.719 (CM)

H / L= .0906 KA+ = .3323 KD = 2.952

CH.	T	H	L	A+	A-	H / L	KA	KD
1	.759	9.170	106.425	5.429	-3.848	.8062	.3205	2.952
2	.793	9.642	106.425	5.628	-4.020	.0906	.3323	2.952
3	.801	9.893	117.570	5.472	-4.743	.0841	.2924	2.672
4	.786	11.120	117.570	6.436	-4.883	.0946	.3439	2.672
5	.788	11.787	117.570	7.166	-4.836	.1003	.3830	2.672
6	.790	10.163	117.570	5.836	-4.536	.0864	.3119	2.672
7	.790	6.276	98.113	3.066	-2.783	.0640	.1964	3.202
8	.790	5.788	98.113	3.177	-2.419	.5090	.2035	3.202
9	.796	4.300	98.113	2.094	-1.910	.0438	.1341	3.202
10	.846	5.482	119.061	3.285	-2.506	.0460	.1734	2.639
11	.829	5.550	119.061	2.502	-2.146	.0466	.1321	2.639
12	.791	6.413	119.061	3.087	-3.289	.0539	.1629	2.639

CH.	T / T2	H/H2	L/L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	.957	.951	1.000	.965	.957	.951	.965	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.010	1.026	1.105	.972	1.180	.929	.880	.905
4	.991	1.153	1.105	1.143	1.215	1.044	1.035	.905
5	.994	1.222	1.105	1.273	1.203	1.107	1.153	.905
6	.997	1.054	1.105	1.037	1.128	.954	.939	.905
7	.996	.651	.922	.545	.692	.706	.591	1.085
8	.997	.600	.922	.564	.602	.651	.612	1.085
9	1.003	.446	.922	.372	.475	.484	.404	1.085
10	1.067	.569	1.119	.584	.623	.508	.522	.894
11	1.045	.576	1.119	.445	.534	.515	.397	.894
12	.998	.665	1.119	.549	.818	.595	.490	.894

$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$	$\theta 4$	$\theta 5$
-513	-2.090	-1.382	1.055	5.216

表五(續)波流交角150°,波流交互作用之實驗結果

FILE FOR WAVE - CURRENT INTERACTION :R3104091.dat								
DEPTH=50.00(CM) ANGLE=150.00 (DEG)								
CENTER VEL.= 8.933 (CM/S) UPSTREAM VEL.= 9.802 (CM/S)								
T = .791 (SEC) H=8.359 (CM)								
CAL. Linc=107.723 (CM) THEORY Linc=97.316 (CM)								
CAL. Lcen=102.053 (CM) THEORY Lcen=85.401 (CM)								
H/L=.0776 KA+ = .2691 KD = 2.916								
CH	T	H	L	A+	A-	H/L	KA	KD
1	.782	8.005	107.723	3.848	-4.248	.0743	.2244	2.916
2	.791	8.359	107.723	4.613	-3.727	.0776	.2691	2.916
3	.794	6.286	102.053	4.584	-2.399	.0616	.2822	3.078
4	.774	6.761	102.053	3.273	-3.318	.0663	.2015	3.078
5	.779	11.325	102.053	6.650	-4.005	.1110	.4094	3.078
6	.816	8.962	102.053	4.487	-3.511	.0878	.2762	3.078
7	.783	.7.070	94.006	3.908	-3.113	.0752	.2612	3.342
8	.757	14.124	94.006	10.057	-5.568	.1502	.6722	3.342
9	.735	11.296	94.006	7.116	-5.120	.1202	.4756	3.342
10	.861	6.768	127.743	3.863	-3.393	.0530	.1900	2.459
11	.853	6.686	127.743	3.846	-1.876	.0523	.1892	2.459
12	.835	6.159	127.743	3.589	-1.997	.0482	.1765	2.459
CH	T/T2	H/H2	L/L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	.989	.958	1.000	.834	.1.140	.958	.834	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.003	.752	.947	.994	.644	.794	1.049	1.056
4	.978	.809	.947	.710	.890	.854	.749	1.056
5	.985	.1.355	.947	1.441	1.075	1.430	1.521	1.056
6	.1.031	1.072	.947	.973	.942	1.132	1.027	1.056
7	.990	.846	.873	.847	.835	.969	.971	1.146
8	.956	1.690	.873	2.180	1.494	1.936	2.498	1.146
9	.929	1.351	.873	1.543	1.374	1.548	1.768	1.146
10	.1.088	.810	1.186	.837	.911	.683	.706	.843
11	1.078	.800	1.186	.834	.503	.674	.703	.843
12	1.056	.737	1.186	.778	.536	.621	.656	.843
01	02	03	04	05				
9.836	-1.381	-4.462	5.217	-2.986				
THE DATA RATIO OF -- WC/PW -- FOR EACH CHANNEL ARE:								
CH.	T/T0	H/H0	L/L0	A+/A0	A-/A0-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.0336	1.0068	1.0000	.8646	1.1908	1.0068	.8646	1.0000
2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.000	1.0000	1.0000	1.0000
3	.9931	.7329	.8576	1.0219	.5456	.8546	1.1917	1.1661
4	.9868	.7013	.8576	.6205	.7332	.8178	.7236	1.1661
5	.9908	1.1082	.8576	1.1321	.8934	1.2923	1.3201	1.1661
6	1.0348	1.0171	.8576	.9380	.8352	1.1860	1.0938	1.1661
7	.9938	1.2994	.9466	1.5549	1.2068	1.3727	1.6426	1.0564
8	.9598	2.8148	.9466	3.8620	.2.4835	2.9736	4.0799	1.0564
9	.9257	3.0298	.9466	4.1464	.2.8919	3.2008	4.3803	1.0564
10	.1.0198	1.4240	1.0600	1.4344	1.4609	1.3434	1.3532	.9434
11	1.0312	1.3895	1.0600	1.8753	.9431	1.3109	1.7692	.9434
12	1.0577	1.1078	1.0600	1.4180	.6550	1.0451	1.3378	.9434
0wc1-0pw1	0wc2-0pw2	0wc3-0pw3	0wc4-0pw4	0wc5-0pw5				
10.3484	.7086	-3.0798	4.1621	-8.2025				

表六、波流交角30°，純波之實驗結果

TOTAL PROCESSED FILES : 2
CASE : FOLLOW CURRENT

FILE FOR PURE WAVE : F3207001.dat
DEPTH=50.00(CM) ANGLE=30.00 (DEG)
CENTER VEL.= .000 (CM / S) UPSTREAM VEL.= .000 (CM / S)
T = 1.238 (SEC) H=11.523 (CM)
CAL. Linc=213.617 (CM) THEORY Linc=214.719 (CM)
CAL. Lcen=256.497 (CM) THEORY Lcen=211.812 (CM)
H / L= .0539 KA+ = .1872 KD = 1.471

CH.	T	H	L	A+	A-	H / L	KA	KD
1	1.237	8.662	204.293	4.530	-4.093	.0424	.1393	1.538
2	1.222	9.938	204.293	5.570	-4.284	.0486	.1713	1.538
3	1.227	6.351	256.497	3.220	-3.264	.0248	.0789	1.225
4	1.250	10.273	224.667	5.536	-4.639	.0457	.1548	1.398
5	1.250	12.982	224.667	6.891	-6.038	.0578	.1927	1.398
6	1.251	6.305	224.667	3.510	-2.838	.0281	.0982	1.398
7	1.246	8.379	256.497	4.889	-3.480	.0327	.1198	1.225
8	1.252	9.378	256.497	5.175	-4.093	.0366	.1268	1.225
9	1.250	11.462	256.497	6.118	-5.376	.0447	.1499	1.225
10	1.238	11.523	213.617	6.365	-5.158	.0539	.1872	1.471
11	1.221	6.956	213.617	3.793	-3.131	.0327	.1116	1.471
12	1.223	7.907	204.293	4.075	-3.728	.0387	.1253	1.538

CH.	T/T2	H/H2	L/L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	.999	.752	.956	.712	.793	.786	.744	1.046
2	.987	.862	.956	.875	.830	.902	.915	1.046
3	.991	.551	1.201	.506	.633	.459	.421	.833
4	1.010	.892	1.052	.870	.899	.848	.827	.951
5	1.009	1.127	1.052	1.083	1.171	1.071	1.029	.951
6	1.010	.547	1.052	.551	.550	.520	.524	.951
7	1.007	.727	1.201	.768	.675	.606	.640	.833
8	1.011	.814	1.201	.813	.793	.678	.677	.833
9	1.010	.995	1.201	.961	1.042	.828	.801	.833
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	.986	.606	1.000	.596	.607	.606	.596	1.000
12	.988	.686	.956	.640	.723	.717	.669	1.046

01 02 03 04 05
-9.714 -3.621 6.232 9.233 3.830

表六(續)波流交角30°,波流交互作用之實驗結果

FILE FOR WAVE - CURRENT INTERACTION : F3207041.dat

DEPTH=50.00(CM) ANGLE=30.00 (DEG)

CENTER VEL.= 3.266 (CM/S) UPSTREAM VEL.= 4.292 (CM/S)

T = 1.091 (SEC) H = 9.609 (CM)

CAL. Linc=224.904 (CM) THEORY Linc=175.471 (CM)

CAL. Lcen=253.337 (CM) THEORY Lcen=202.359 (CM)

H/L= .0427 KA+ = .1367 KD = 1.397

CH	T	H	L	A+	A-	H/L	KA	KD
1	1.176	8.581	219.041	4.158	-4.553	.0392	.1193	1.434
2	1.152	7.646	219.041	3.845	-3.762	.0349	.1103	1.434
3	1.172	8.223	253.337	4.522	-3.808	.0325	.1122	1.240
4	1.142	8.395	221.639	4.181	-3.983	.0379	.1185	1.417
5	1.144	11.699	221.639	6.574	-5.262	.0528	.1864	1.417
6	1.156	10.872	221.639	6.021	-4.588	.0491	.1707	1.417
7	1.143	9.984	253.337	5.471	-4.588	.0394	.1357	1.240
8	1.151	6.536	253.337	3.432	-2.945	.0258	.0851	1.240
9	1.146	12.744	253.337	7.260	-5.358	.0503	.1800	1.240
10	1.091	9.609	224.904	4.893	-4.707	.0427	.1367	1.397
11	1.077	8.864	224.904	4.724	-4.143	.0394	.1320	1.397
12	1.168	8.916	219.041	4.483	-4.315	.0407	.1286	1.434
CH	T/T2	H/H2	L/L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.078	.893	.974	.850	.967	.917	.873	1.027
2	1.056	.796	.974	.786	.799	.817	.807	1.027
3	1.074	.856	1.126	.924	.809	.760	.821	.888
4	1.047	.874	.985	.855	.846	.887	.867	1.015
5	1.049	1.217	.985	1.344	1.118	1.235	1.363	1.015
6	1.059	1.131	.985	1.231	1.034	1.148	1.249	1.015
7	1.048	1.039	1.126	1.118	.975	.922	.993	.888
8	1.055	.680	1.126	.701	.626	.604	.623	.888
9	1.050	1.326	1.126	1.484	1.138	1.177	1.317	.888
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	.987	.922	1.000	.966	.880	.922	.966	1.000
12	1.071	.928	.974	.916	.917	.953	.941	1.027
01	02	03	04	05				
-13.938	-4.150	2.376	9.859	4.149				

THE DATA RATIO OF -WC/PW- FOR EACH CHANNEL ARE:

CH.	T/T0	H/H0	L/L0	A+/A0	A-/A0-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.0790	1.1879	1.0184	1.1940	-1.2192	1.1665	1.1724	.9819
2	1.0696	.9227	1.0184	.8982	.9624	.9060	.8820	.9819
3	1.0840	1.5526	.9381	1.8271	1.2783	1.6550	1.9476	1.0660
4	1.0367	.9799	.9370	.9825	.9408	1.0458	1.0486	1.0672
5	1.0391	1.0807	.9370	1.2410	.9550	1.1534	1.3244	1.0672
6	1.0487	2.0678	.9370	2.2318	1.8797	2.2068	2.3818	1.0672
7	1.0411	1.4289	.9381	1.4557	1.4449	1.5231	1.5517	1.0660
8	1.0434	.8358	.9381	.8628	.7885	.8909	.9198	1.0660
9	1.0400	1.3334	.9381	1.5437	1.0922	1.4213	1.6455	1.0660
10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.000	1.0000	1.000	1.0000
11	1.0012	1.5216	1.0000	1.6206	1.4499	1.5216	1.6206	1.0000
12	1.0842	1.3522	1.0184	1.4314	1.2686	1.3278	1.4055	.9819
0wc1-0pw1	0wc2-0pw2	0wc3-0pw3	0wc4-0pw4	0wc5-0pw5				
-4.2243	-.5291	-3.8558	.6263	.3191				

表七、波流交角30°，純波之實驗結果

TOTAL PROCESSED FILES : 2

CASE : FOLLOW CURRENT

FILE FOR PURE WAVE : F3203801.dat

DEPTH=50.00(CM) ANGLE=30.00 (DEG)

CENTER VEL.= .000 (CM / S) UPSTREAM VEL.= .000 (CM / S)

T = 1.267 (SEC) H=4.336 (CM)

CAL. Linc=225.594 (CM) THEORY Linc=222.454 (CM)

CAL. Lcen=240.558 (CM) THEORY Lcen=222.707 (CM)

H / L = .0192 KA+ = .0615 KD = 1.393

CH.	T	H	L	A+	A-	H / L	KA	KD
1	1.237	4.258	262.812	1.875	-2.568	.0162	.0448	1.195
2	1.269	5.843	262.812	3.356	-2.533	.0222	.0802	1.195
3	1.268	4.352	240.558	2.273	-2.072	.0181	.0594	1.306
4	1.269	4.779	247.403	2.303	-2.404	.0193	.0585	1.270
5	1.272	5.778	247.403	3.153	-2.697	.0234	.0801	1.270
6	1.259	6.182	247.403	3.371	-2.870	.0250	.0856	1.270
7	1.285	4.359	240.558	2.313	-2.082	.0181	.0604	1.306
8	1.276	5.911	240.558	3.107	-2.743	.0246	.0811	1.306
9	1.281	5.690	240.558	2.879	-2.795	.0237	.0752	1.306
10	1.267	4.336	225.594	2.207	-2.129	.0192	.0615	1.393
11	1.250	5.212	225.594	2.664	-2.512	.0231	.0742	1.393
12	1.263	4.333	262.812	2.122	-2.175	.0165	.0507	1.195

CH.	T/T2	H/H2	L/L2	A+ / A2+	A- / A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	.976	.982	1.165	.850	.850	.843	.729	.858
2	1.001	1.348	1.165	1.520	1.520	1.157	1.305	.858
3	1.001	1.004	1.066	1.030	1.030	.941	.966	.938
4	1.002	1.102	1.097	1.043	1.043	1.005	.951	.912
5	1.003	1.333	1.097	1.428	1.428	1.215	1.302	.912
6	.993	1.426	1.097	1.527	1.527	1.300	1.392	.912
7	1.014	1.005	1.066	1.048	1.048	.943	.982	.938
8	1.006	1.363	1.066	1.407	1.407	1.279	1.320	.938
9	1.011	1.312	1.066	1.304	1.304	1.231	1.223	.938
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	.986	1.202	1.000	1.207	1.207	1.202	1.207	1.000
12	.996	.999	1.165	.961	.961	.858	.825	.858

θ1	θ2	θ3	θ4	θ5
-8.435	-1.365	4.639	10.360	13.059

表七(續)波流交角30°,波流交互作用之實驗結果

FILE FOR WAVE-CURRENT INTERACTION :F3203861.dat

DEPTH=50.00(CM) ANGLE=30. (DEG)

CENTER VEL.= 7.126 (CM/S) UPSTREAM VEL.= 6.558 (CM/S)

T = 1.221 (SEC) H = 5.547 (CM)

CAL. Linc=213.162 (CM) THEORY Linc=210.176 (CM)

CAL. Lcen=217.318 (CM) THEORY Lcen=223.068 (CM)

H/L= .0260 KA+ = .0836 KD = 1.474

CH.	T	H	L	A+	A-	H/L	KA	KD
1	1.224	5.114	222.114	2.709	-2.525	.0230	.0766	1.414
2	1.218	4.440	222.114	2.333	-2.120	.0200	.0660	1.414
3	1.227	5.423	217.318	2.825	-2.546	.0250	.0817	1.446
4	1.250	3.815	264.961	1.886	-1.991	.0144	.0447	1.186
5	1.242	4.749	264.961	2.413	-2.304	.0179	.0572	1.186
6	1.249	8.135	264.961	4.183	-3.913	.0307	.0992	1.186
7	1.244	4.909	217.318	2.548	-2.384	.0226	.0737	1.446
8	1.248	4.596	217.318	2.309	-2.300	.0212	.0668	1.446
9	1.246	5.111	217.318	2.596	-2.472	.0235	.0751	1.446
10	1.221	5.547	213.162	2.836	-2.702	.0260	.0836	1.474
11	1.229	4.870	213.162	2.611	-2.252	.0228	.0770	1.474
12	1.212	4.665	222.114	2.334	-2.442	.0210	.0660	1.414

CH.	T/T2	H/H2	L/L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.003	.922	1.042	.956	.935	.885	.917	.960
2	.998	.800	1.042	.823	.785	.768	.790	.960
3	1.005	.978	1.019	.996	.942	.959	.977	.981
4	1.024	.688	1.243	.665	.737	.553	.535	.805
5	1.017	.856	1.243	.851	.853	.689	.685	.805
6	1.023	1.467	1.243	1.475	1.448	1.180	1.187	.805
7	1.019	.885	1.019	.899	.882	.868	.881	.981
8	1.022	.829	1.019	.814	.852	.813	.799	.981
9	1.021	.921	1.019	.916	.915	.904	.898	.981
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	1.007	.878	1.000	.921	.834	.878	.921	1.000
12	.993	.841	1.042	.823	.904	.807	.790	.960

01	02	03	04	05
7.367	5.912	9.489	18.904	4.227

THE DATA RATIO OF -WC/PW- FOR EACH CHANNEL ARE:

CH.	T/T0	H/H0	L/L0	A+/A0	A-/A0-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.0275	.9389	.8944	1.1247	.7747	1.0497	1.2574	1.1180
2	.9961	.5940	.8944	.5412	.6596	.6641	.6050	1.1180
3	1.0040	.9740	.9561	.9674	.9680	1.0188	1.0118	1.0459
4	1.0221	.6241	1.1334	.6376	.6524	.5506	.5625	.8823
5	1.0136	.6425	1.1334	.5958	.6731	.5669	.5257	.8823
6	1.0302	1.0287	1.1334	.9660	1.0744	.9076	.8523	.8823
7	1.0051	.8803	.9561	.8578	.9020	.9208	.8972	1.0459
8	1.0154	.6078	.9561	.5786	.6608	.6357	.6052	1.0459
9	1.0103	.7021	.9561	.7021	.6968	.7343	.7344	1.0459
10	1.0000	1.000	1.000	1.0000	1.000	1.0000	1.0000	1.0000
11	1.0204	.7304	1.000	.7631	.7064	.7304	.7631	1.0000
12	.9968	.8416	.8944	.8562	.8845	.9409	.9572	1.1180

0wc1-0pw1	0wc2-0pw2	0wc3-0pw3	0wc4-0pw4	0wc5-0pw5
15.8023	7.2767	4.8499	8.5443	-8.8326

表八、波流交角30°，純波之實驗結果

TOTAL PROCESSED FILES : 2

CASE : FOLLOW CURRENT

FILE FOR PURE WAVE : F3102601.dat

DEPTH=50.00(CM) ANGLE=30.00 (DEG)

CENTER VEL.= .000 (CM / S) UPSTREAM VEL.= .000 (CM / S)

T = .816 (SEC) H=4.928 (CM)

CAL. Linc=115.729 (CM) THEORY Linc=103.478 (CM)

CAL. Lcen=109.068 (CM) THEORY Lcen=108.120 (CM)

H / L= .0426 KA+ = .1459 KD = 2.715

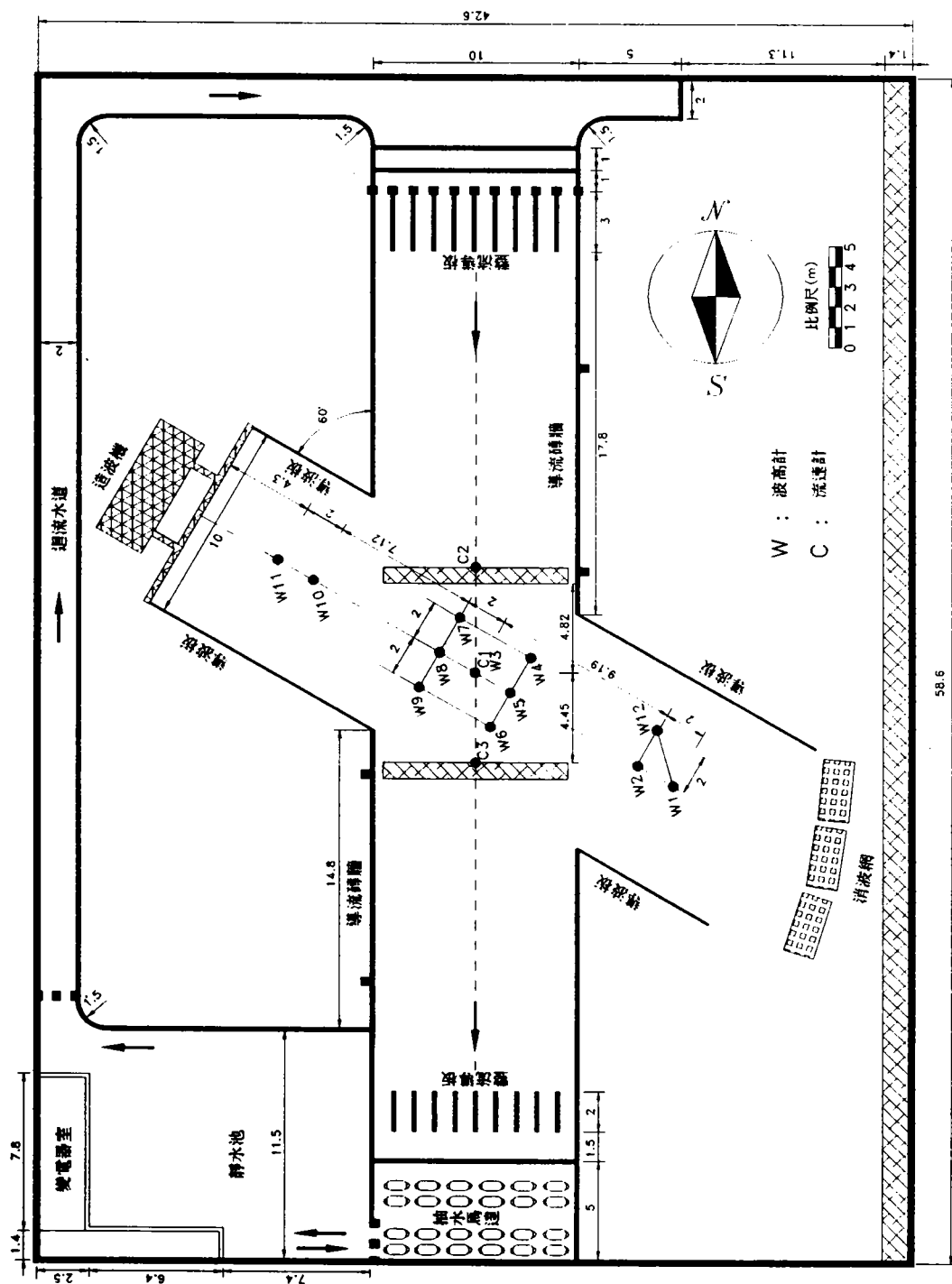
CH.	T	H	L	A+	A-	H / L	KA	KD
1	.830	5.648	106.869	3.124	-2.686	.0528	.1837	2.940
2	.828	5.101	106.869	2.596	-2.336	.0477	.1526	2.940
3	.835	4.590	109.068	2.329	-2.192	.0421	.1342	2.880
4	.890	2.822	120.311	1.200	-1.368	.0235	.0627	2.611
5	.854	4.681	120.311	2.498	-2.268	.0389	.1305	2.611
6	.850	4.880	120.311	2.467	-2.279	.0406	.1288	2.611
7	.818	4.538	109.068	2.561	-2.175	.0416	.1476	2.880
8	.819	4.300	109.068	2.291	-2.006	.0394	.1320	2.880
9	.818	5.257	109.068	2.668	-2.546	.0482	.1537	2.880
10	.816	4.928	115.729	2.687	-2.235	.0426	.1459	2.715
11	.815	6.273	115.729	3.413	-2.827	.0542	.1853	2.815
12	.831	2.126	106.869	.971	-1.197	.1099	.0571	2.940

CH.	T / T2	H / H2	L / L2	A+ / A2+	A- / A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.016	1.146	.923	1.163	1.202	1.241	1.259	1.083
2	1.014	1.035	.923	.966	1.045	1.121	1.046	1.083
3	1.023	.931	.942	.867	.981	.988	.920	1.061
4	1.090	.573	1.040	.447	.612	.551	.430	.962
5	1.047	.950	1.040	.930	1.015	.914	.894	.962
6	1.041	.990	4.040	.918	1.020	.952	.883	.962
7	1.002	.921	.942	.953	.973	.977	1.011	1.061
8	1.003	.873	.942	.852	.898	.926	.905	1.061
9	1.002	1.067	.942	.993	1.139	1.132	1.054	1.061
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	.998	1.273	1.000	1.270	1.265	1.273	1.270	1.000
12	1.017	.431	.923	.361	.536	.467	.391	1.083

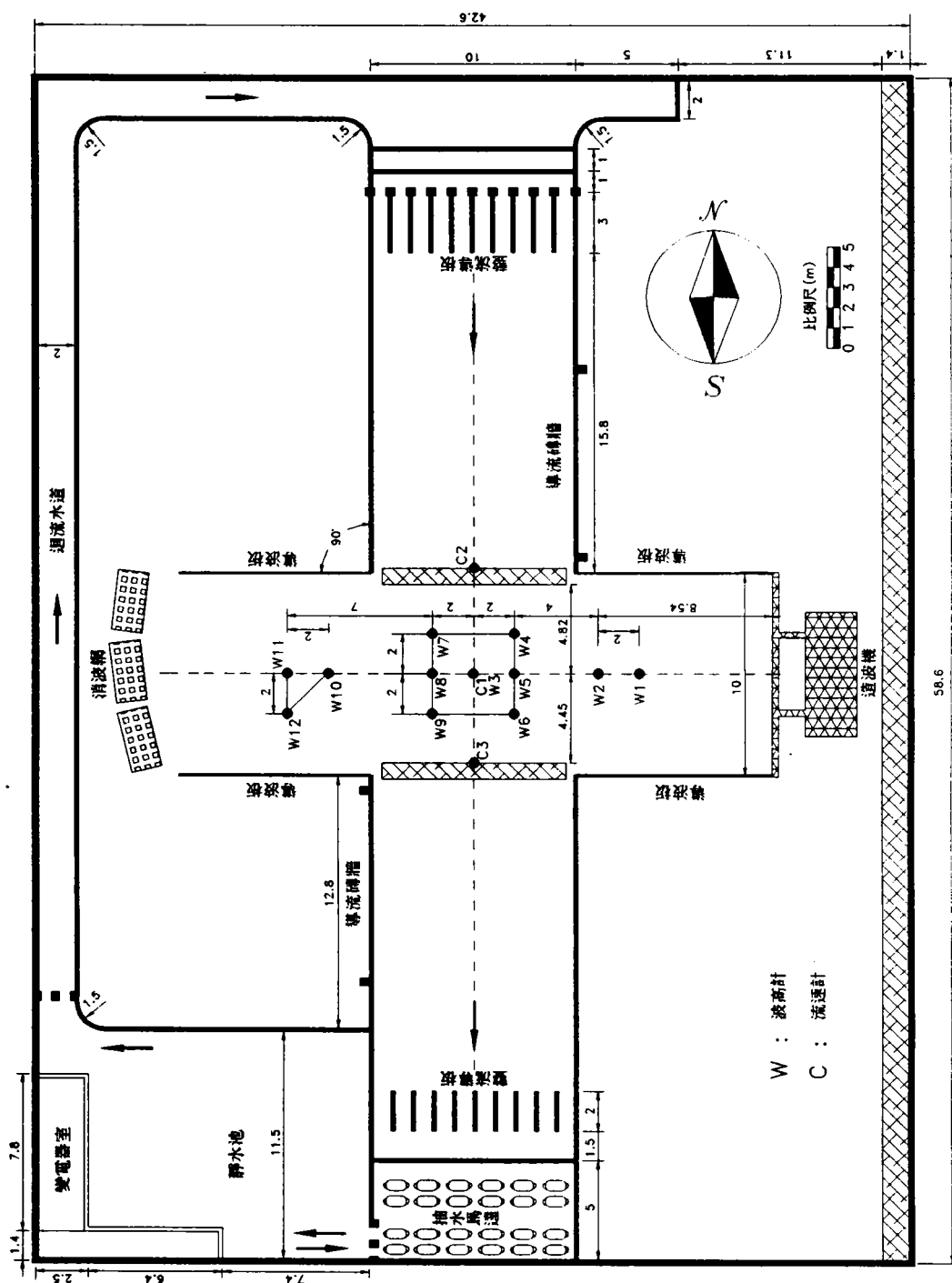
θ1	θ2	θ3	θ4	θ5
-956	.239	2.958	.334	5.575

表八(續)波流交角30°,波流交互作用之實驗結果

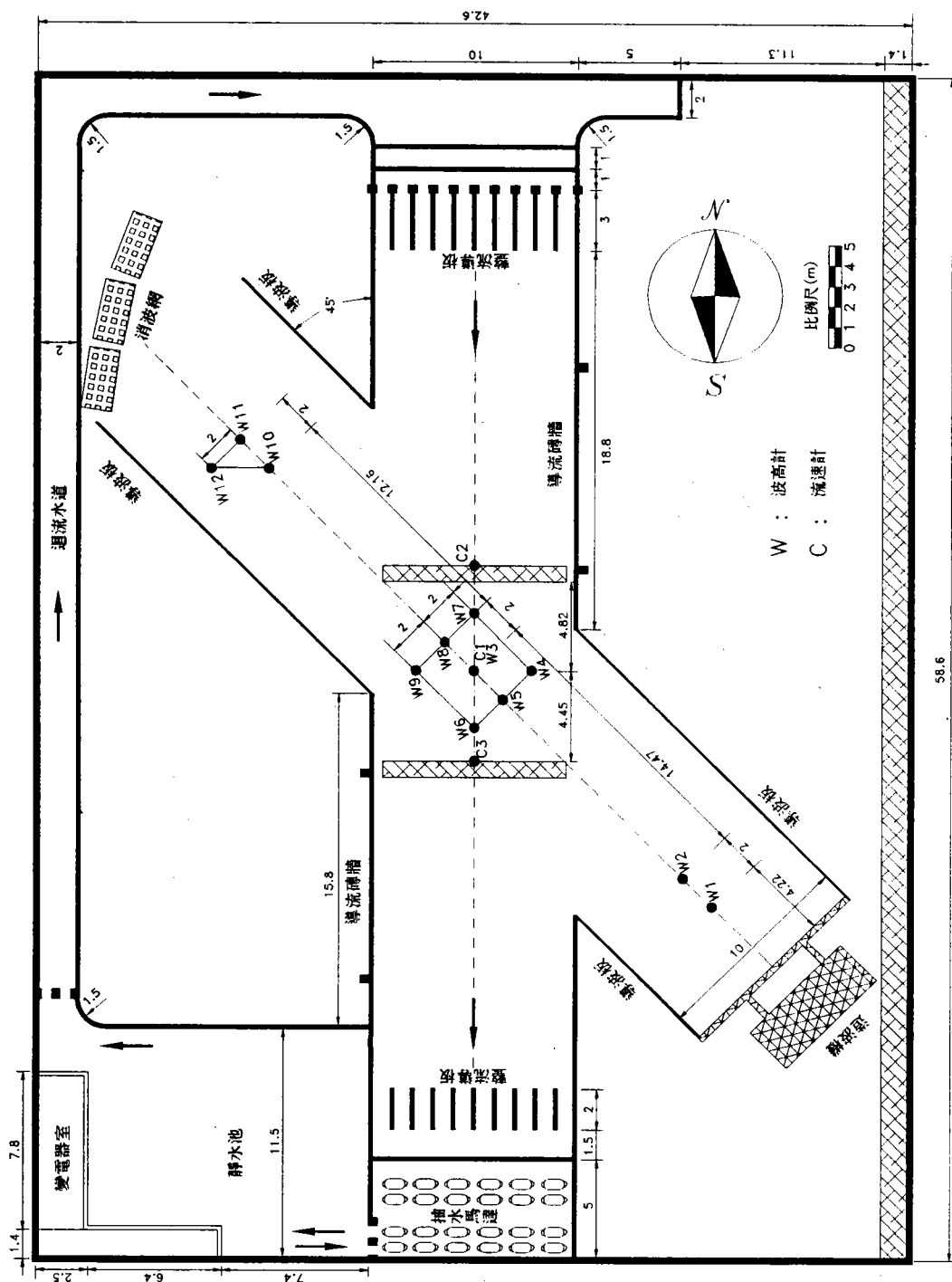
FILE FOR WAVE-CURRENT INTERACTION :F3102991.dat								
DEPTH=50.00(CM) ANGLE=30. (DEG)								
CENTER VEL.= 9.385 (CM/S) UPSTREAM VEL.= 10.559 (CM/S)								
T = .822 (SEC) H = 6.416 (CM)								
CAL. Linc=121.536 (CM) THEORY Linc=104.881 (CM)								
CAL. Lcen=120.019 (CM) THEORY Lcen=113.719 (CM)								
H/L=.0528 KA+ = .1918 KD = 2.585								
CH.	T	H	L	A+	A-	H/L	KA	KD
1	.838	2.930	119.773	1.555	-1.346	.0245	.0816	2.623
2	.816	3.190	119.773	1.725	-1.498	.0266	.0905	2.623
3	.808	2.467	120.019	1.278	-1.056	.0206	.0669	2.618
4	.826	4.548	125.700	2.490	-2.187	.0362	.1245	2.499
5	.844	2.331	125.700	1.291	-1.150	.0185	.0645	2.499
6	.823	5.143	125.700	2.665	-2.413	.0409	.1332	2.499
7	.819	4.027	120.019	2.024	-2.039	.0336	.1060	2.618
8	.822	4.782	120.019	2.343	-2.579	.0398	.1227	2.618
9	.815	10.391	120.019	5.973	-4.535	.0866	.3127	2.618
10	.822	6.416	121.536	3.710	-2.716	.0528	.1918	2.585
11	.819	4.199	121.536	2.104	-2.085	.0346	.1088	2.585
12	.819	3.063	119.773	1.651	-1.435	.0256	.0866	2.623
CH.	T/T2	H/H2	L/L2	A+/A2+	A-/A2-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.020	.457	.985	.419	.496	.425	.425	1.015
2	.992	.497	.985	.465	.552	.472	.472	1.015
3	.983	.385	.988	.344	.389	.349	.349	1.013
4	1.004	.709	1.034	.671	.806	.649	.649	.967
5	1.026	.363	1.034	.348	.424	.336	.336	.967
6	1.001	.802	1.034	.718	.889	.694	.694	.967
7	.996	.628	.988	.545	.751	.552	.552	1.013
8	.999	.745	.988	.632	.950	.639	.639	1.013
9	.991	1.619	.988	1.610	1.670	1.630	1.630	1.013
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	.996	.654	1.000	.567	.768	.567	.567	1.000
12	.996	.477	.985	.445	.528	.452	.452	1.015
01	02	03	04	05				
-4.888	11.263	-8.576	2.225	-17.037				
THE DATA RATIO OF -WC/PW- FOR EACH CHANNEL ARE:								
CH.	T/T0	H/H0	L/L0	A+/A0	A-/A0-	H/L-RAT	KA-RAT	KD-RAT
1	1.0033	.3985	1.0672	.3604	.4122	.3734	.3377	.9370
2	.9787	.4804	1.0672	.4812	.5277	.4501	.4509	.9370
3	.9606	.4129	1.0478	.3974	.3964	.3941	.3793	.9544
4	.9210	1.2377	.9949	1.5025	1.3159	1.2441	1.5103	1.0052
5	.9807	.3825	.9949	.3743	.4175	.3844	.3762	1.0052
6	.9617	.8096	.9949	.7824	.8713	.8138	.7864	1.0052
7	.9945	.6816	1.0478	.5723	.7713	.6505	.5461	.9544
8	.9959	.8542	1.0478	.7408	1.0578	.8152	.7070	.9544
9	.9895	1.5182	1.0478	1.6212	1.4655	1.4489	1.5472	.9544
10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
11	.9982	.5142	1.0000	.4466	.6069	.5142	.4466	1.0000
12	.9788	1.1069	1.0672	1.2315	.9865	1.0372	1.1539	.9370
0wc1-0pw1	0wc2-0pw2	0wc3-0pw3	0wc4-0pw4	0wc5-0pw5				
-3.9316	11.0234	-11.5341	1.8914	-22.6123				



圖圖置驗佈用實交互作用波流

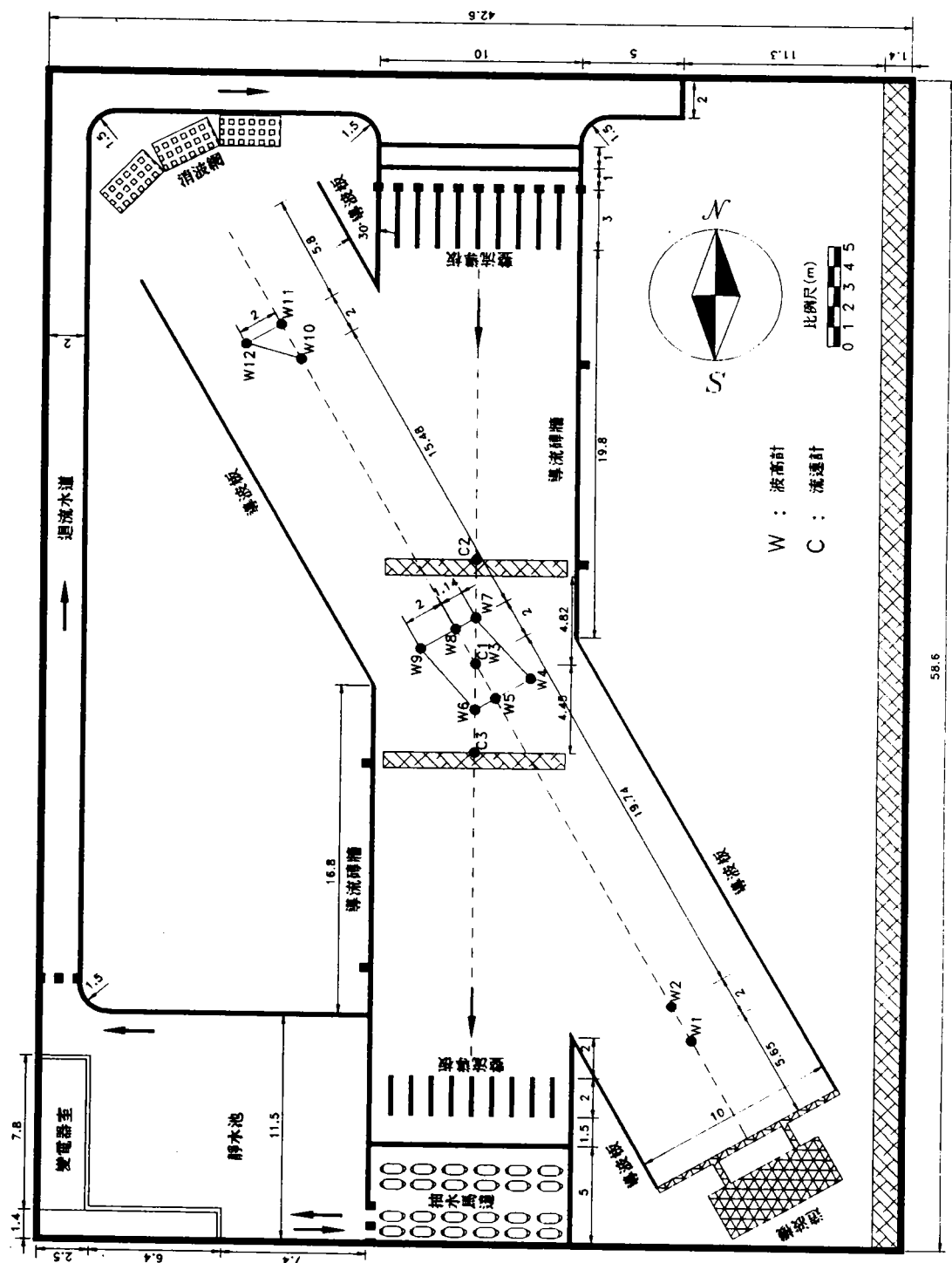


圖五、波流交會角 90° (垂直交會)之實驗配置

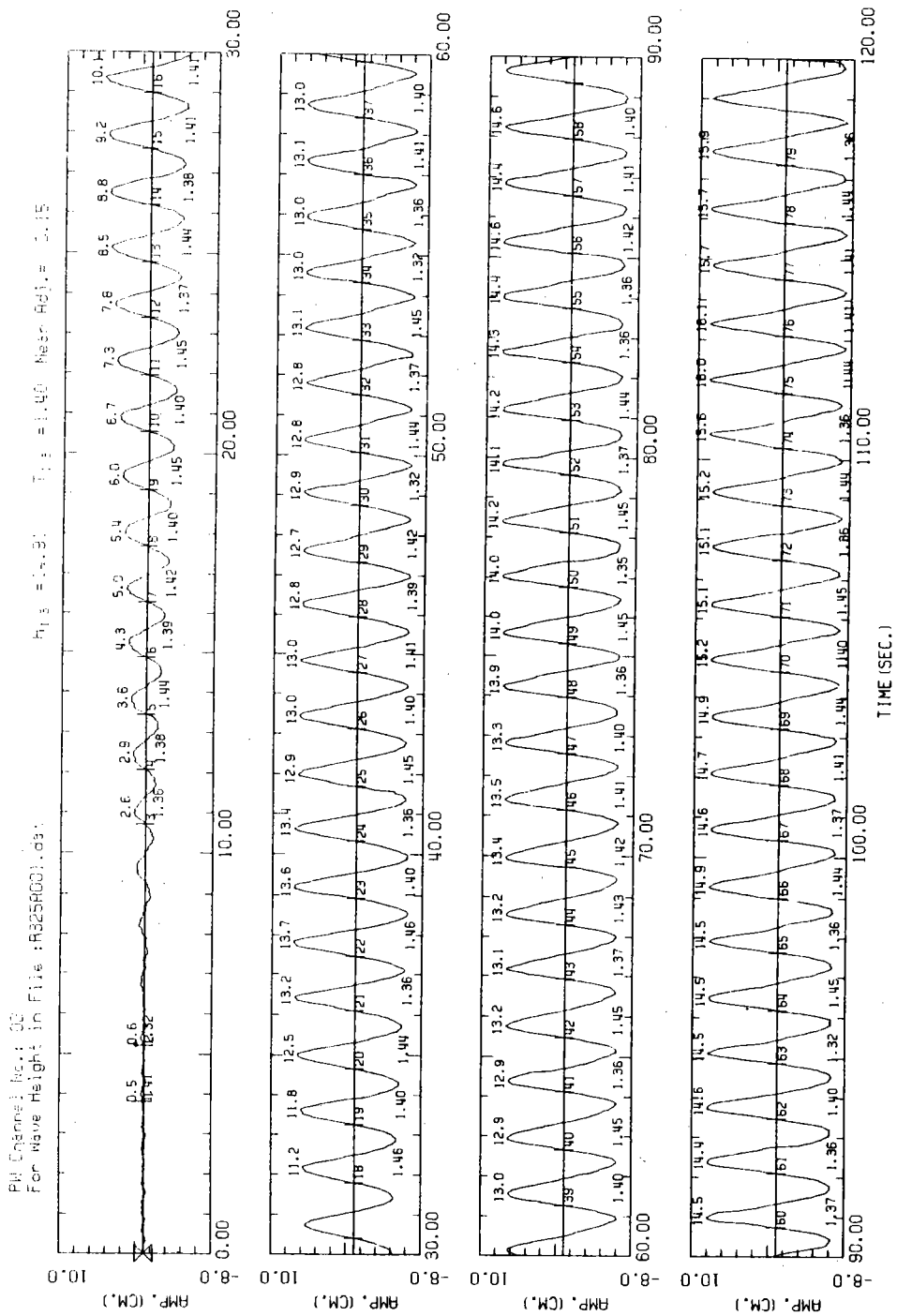


圖八、波流交會角 135° (逆向流)之實驗配置

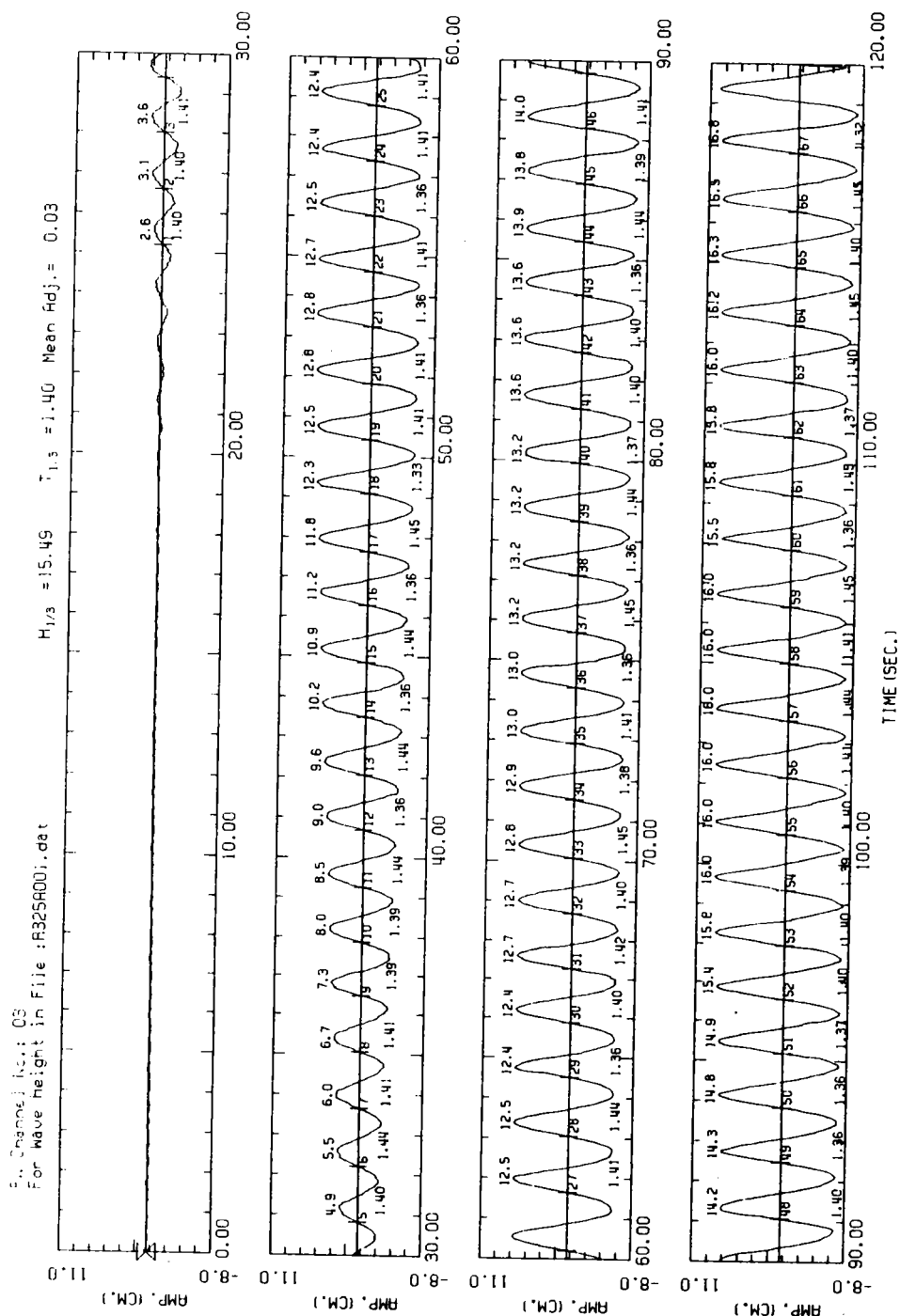
波流交互作用實驗佈置圖



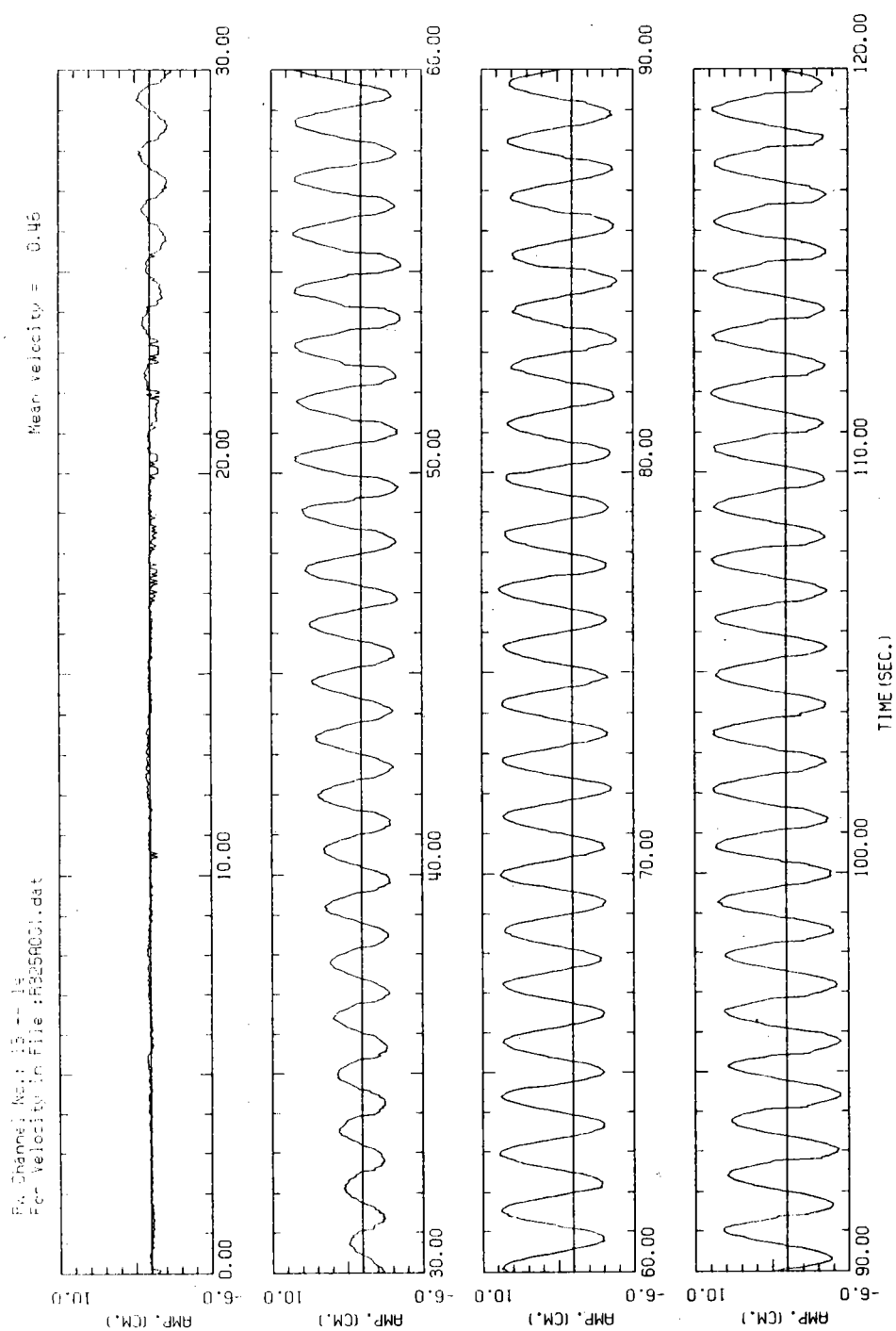
圖九、波流交會角150°(逆向流)之實驗配置



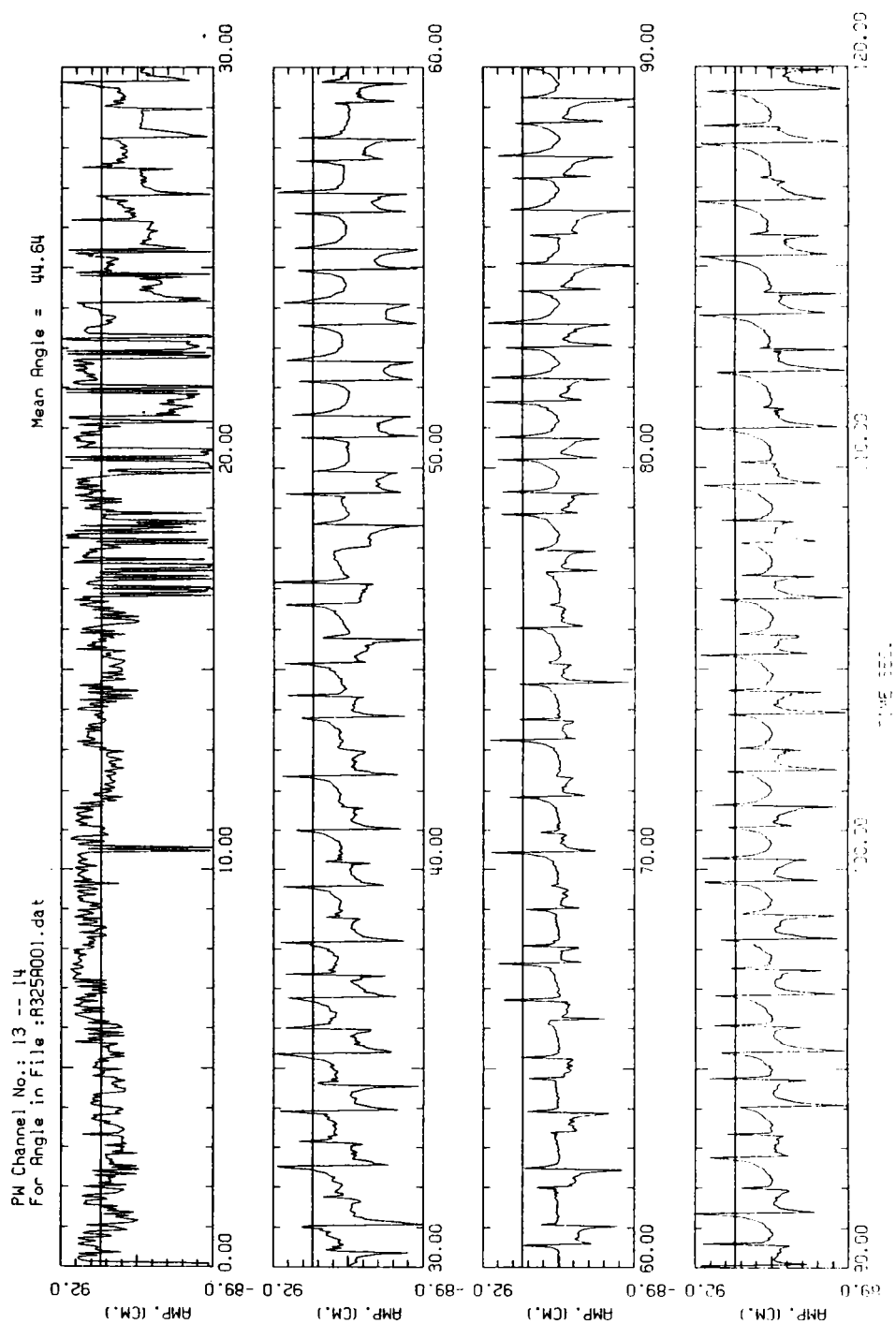
圖十、波流交角 150° ，純波浪實驗，入射波之延時記錄



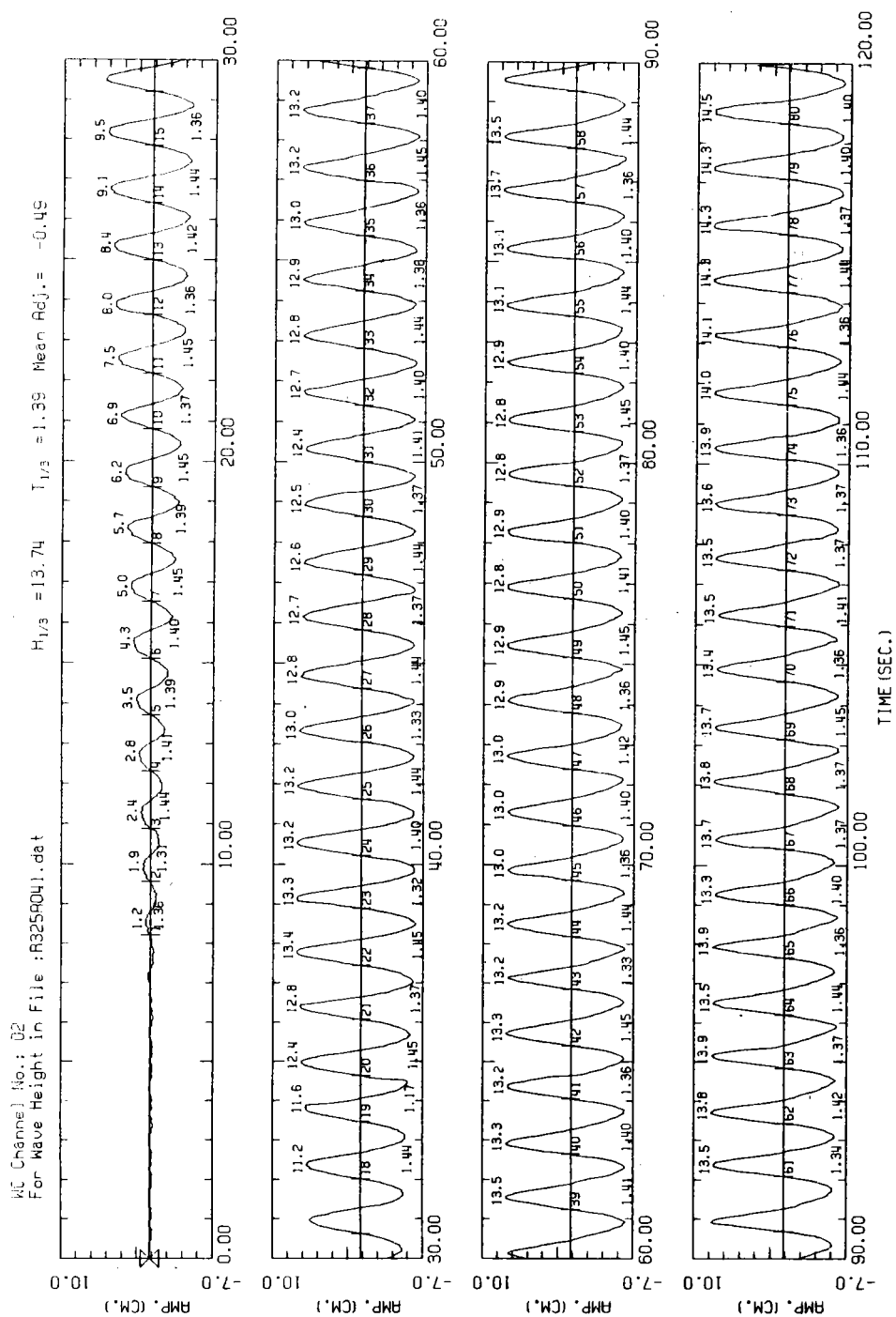
圖十一、波流交角 150° ，純波浪實驗，交會區中心之波浪延時記錄



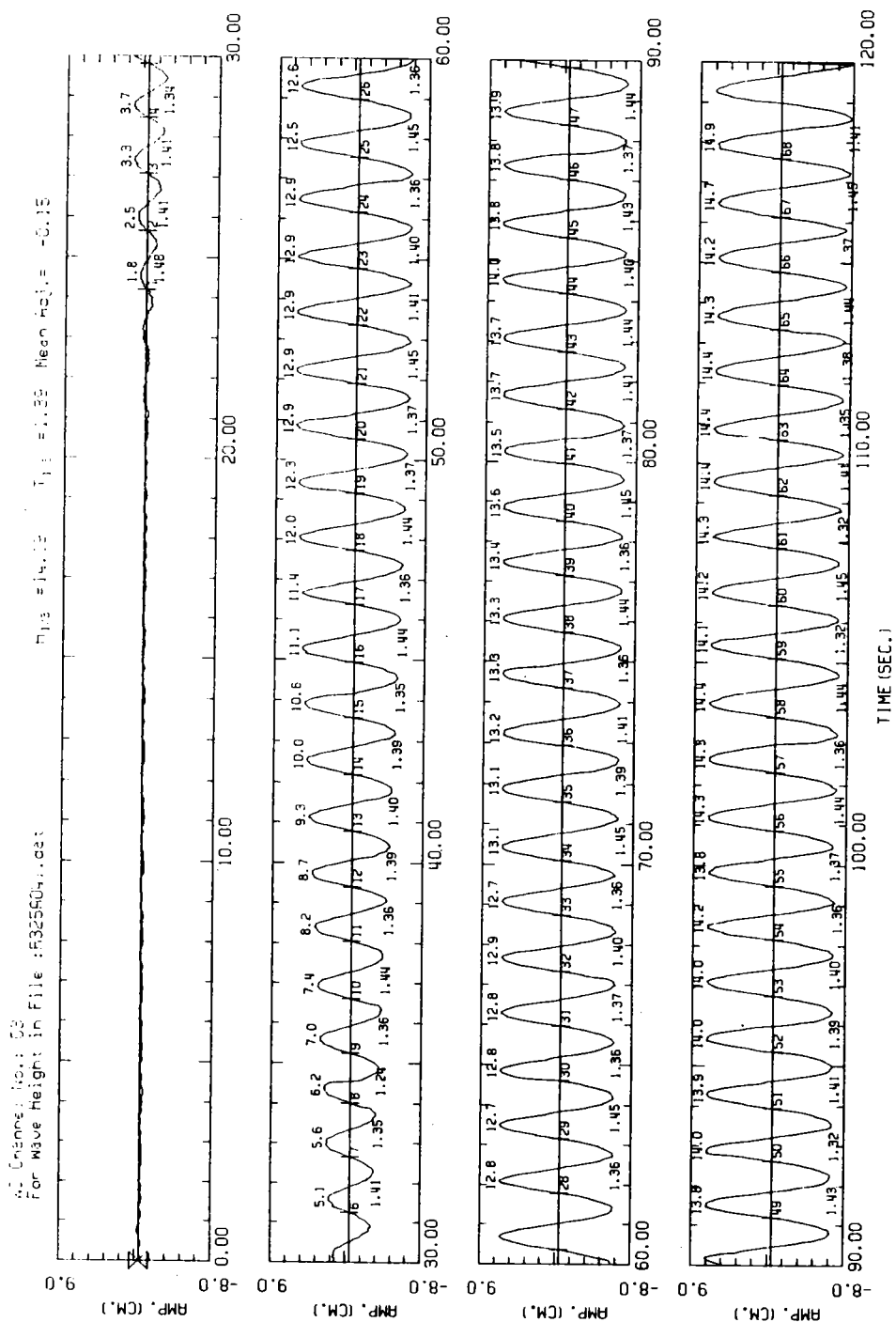
圖十二、波流交角 150° ，純波浪實驗，交會區中心之流速延時記錄



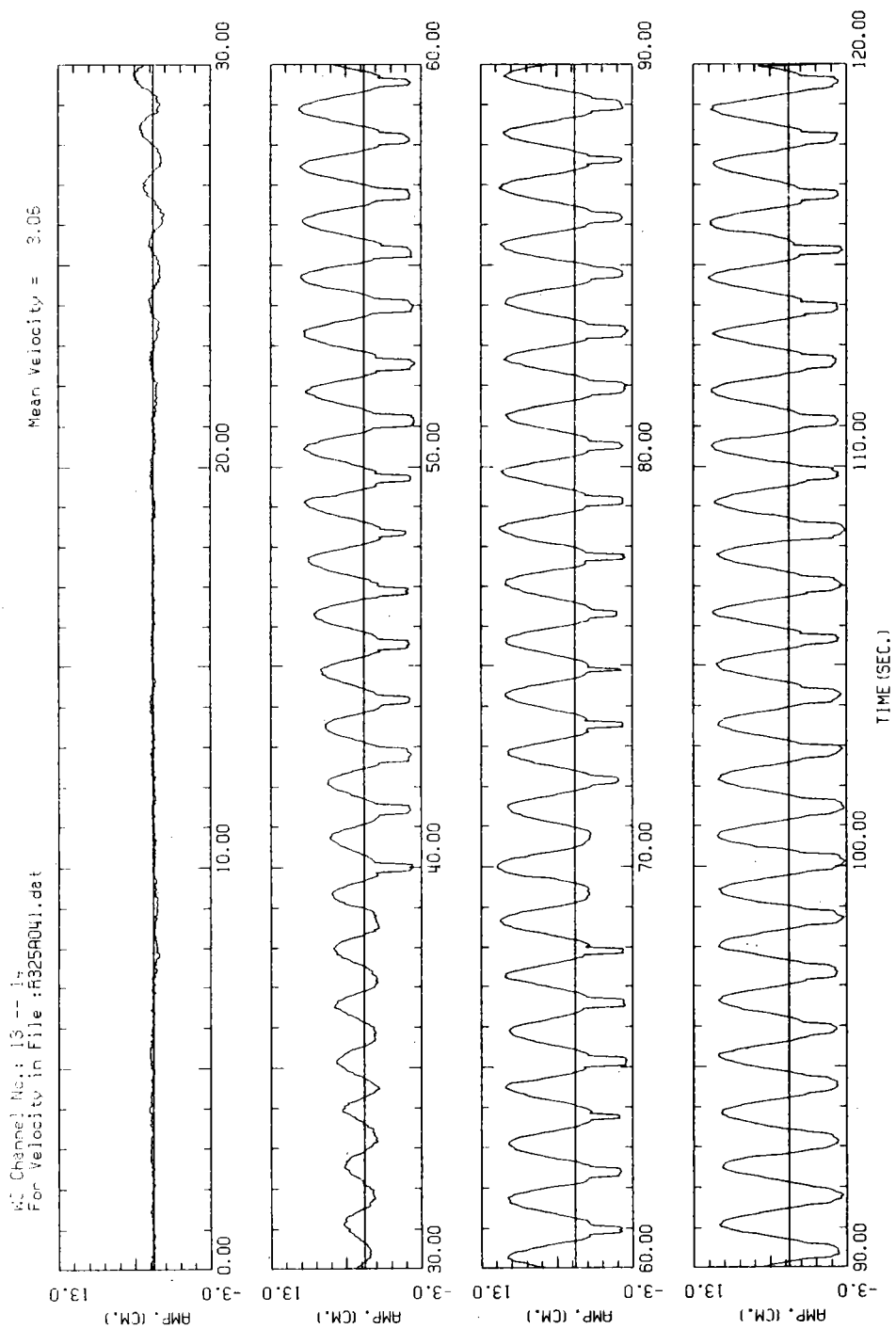
圖十三、波流交角 150° ，純波浪實驗，交會區中心之流速相位延時記錄



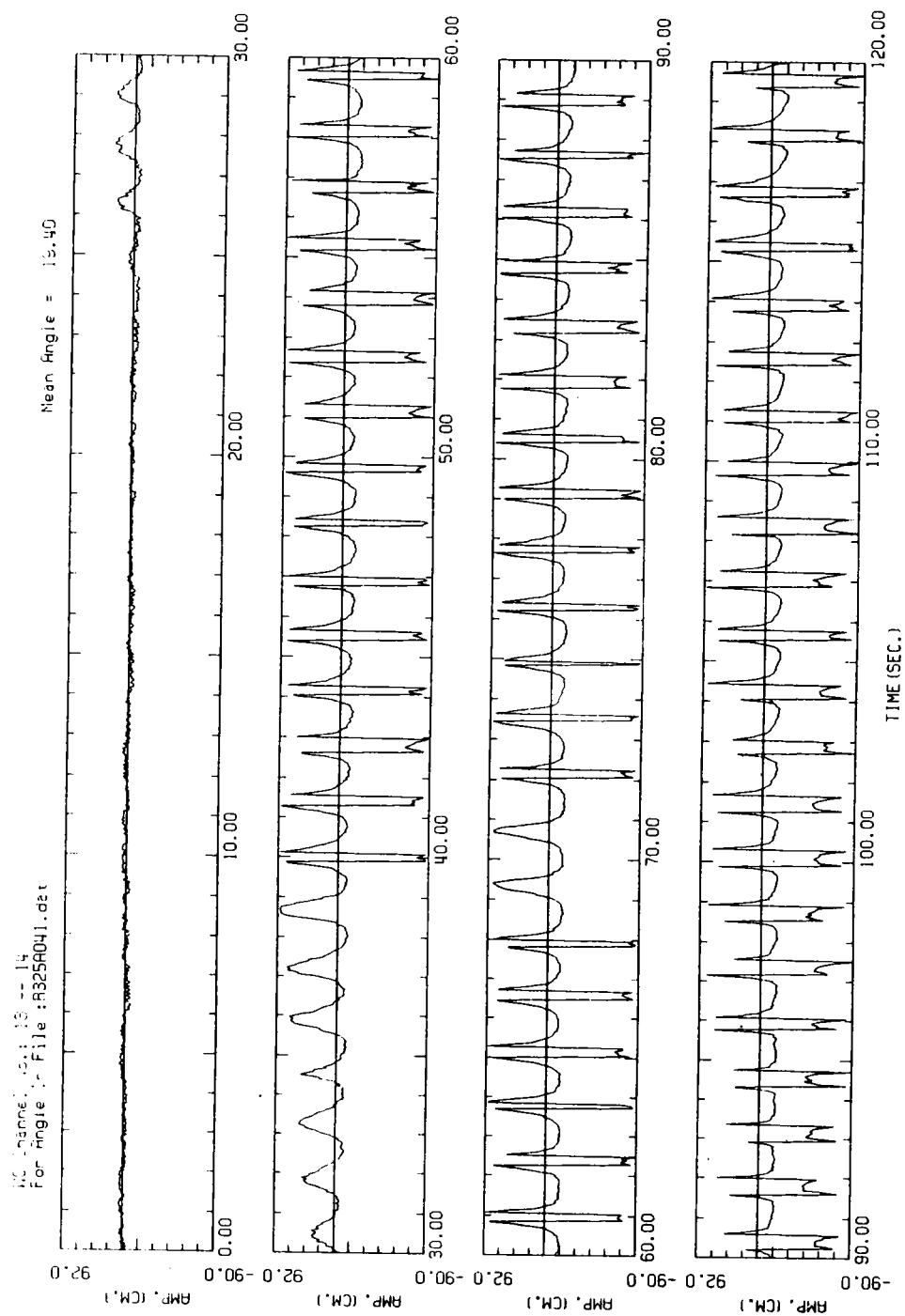
圖十四、波流交角 150° ，波流交互作用實驗，入射波之延時記錄



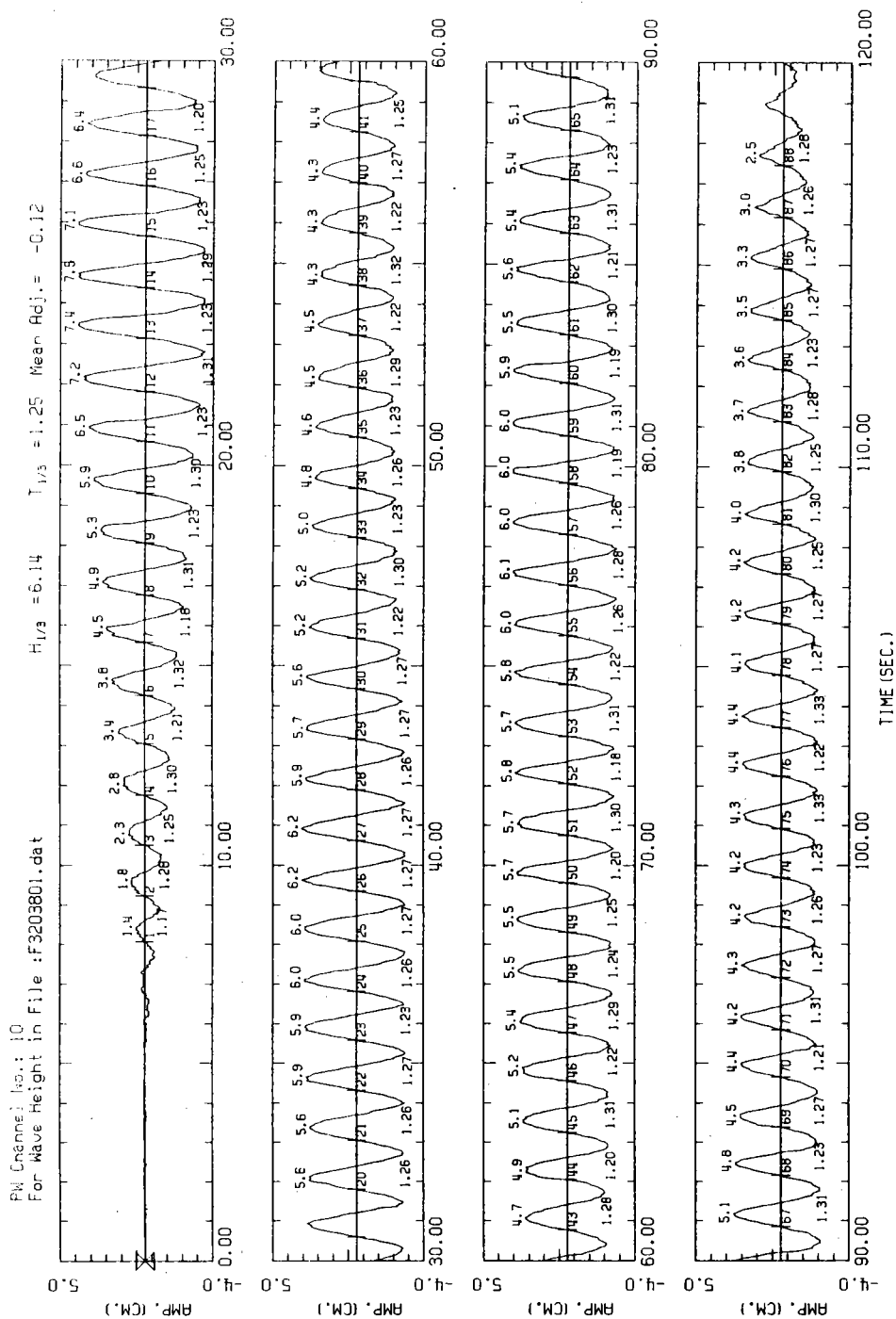
圖十五、波流交角 150° ，波流交互作用實驗，交會區中心之波浪延時記錄



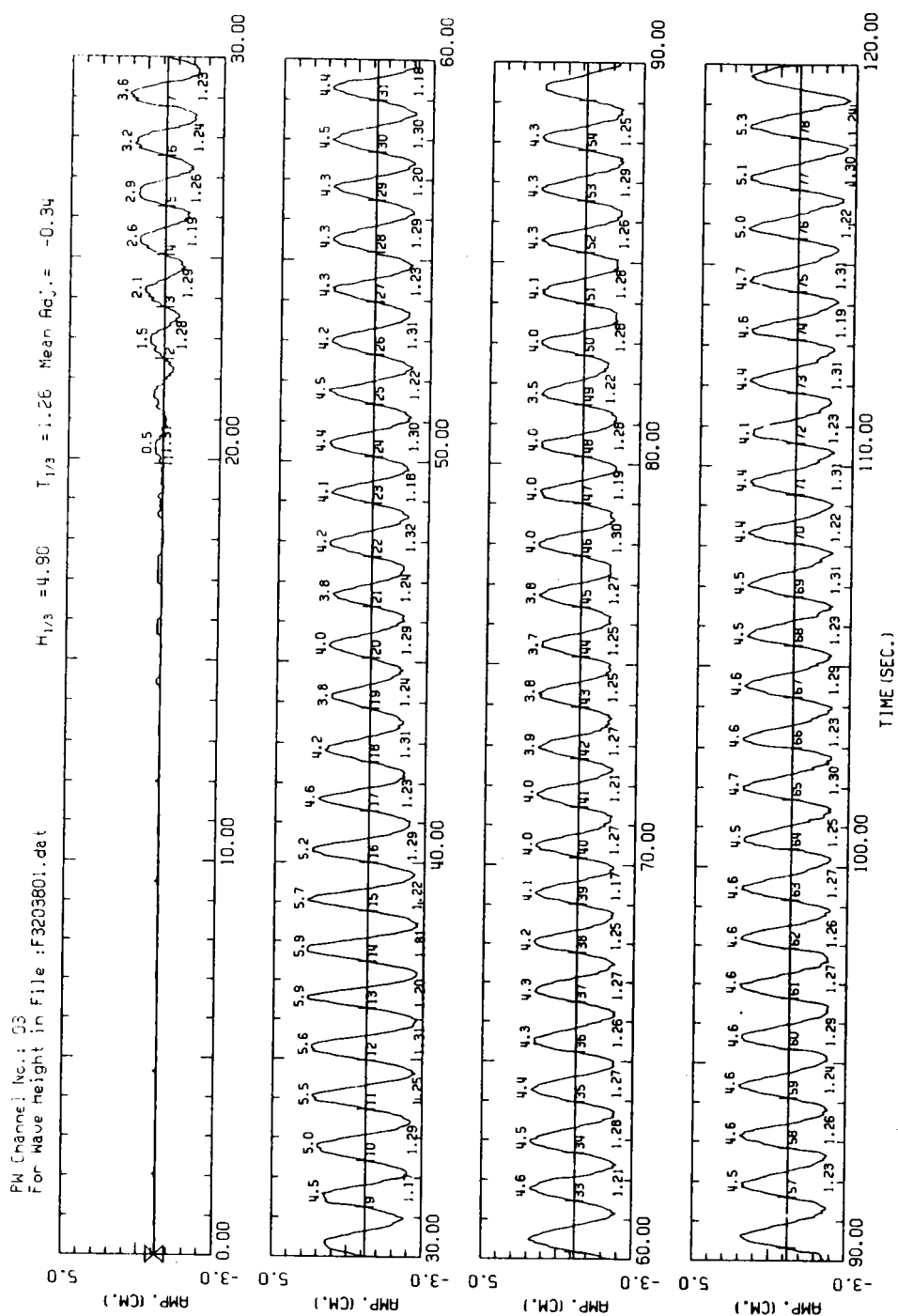
圖十六、波流交角 150° ，波流交互作用實驗，交會區中心之流速延時記錄

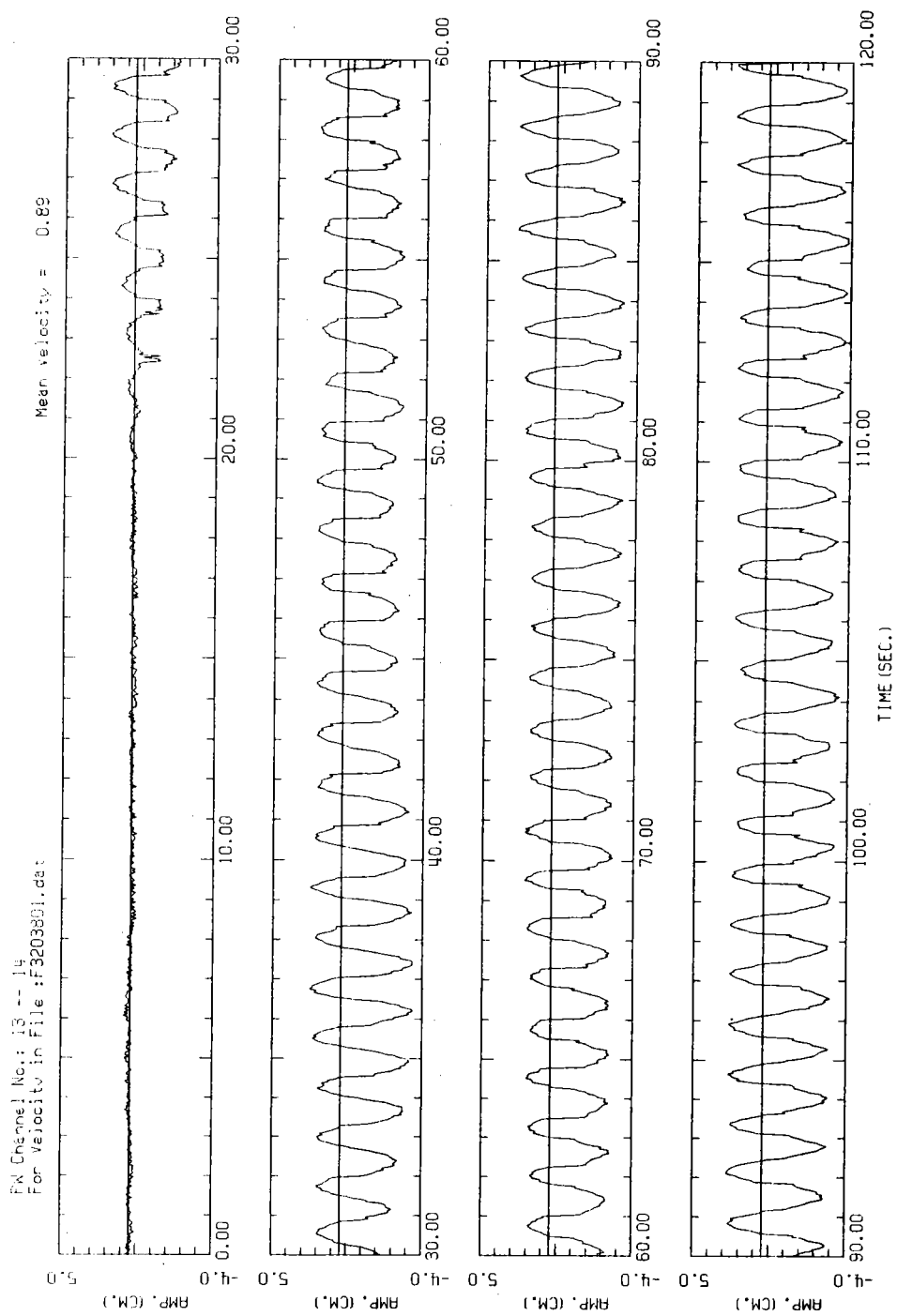


圖十七、波流交角 150° ，波流交互作用實驗，交會區中心之流速相位延時記錄

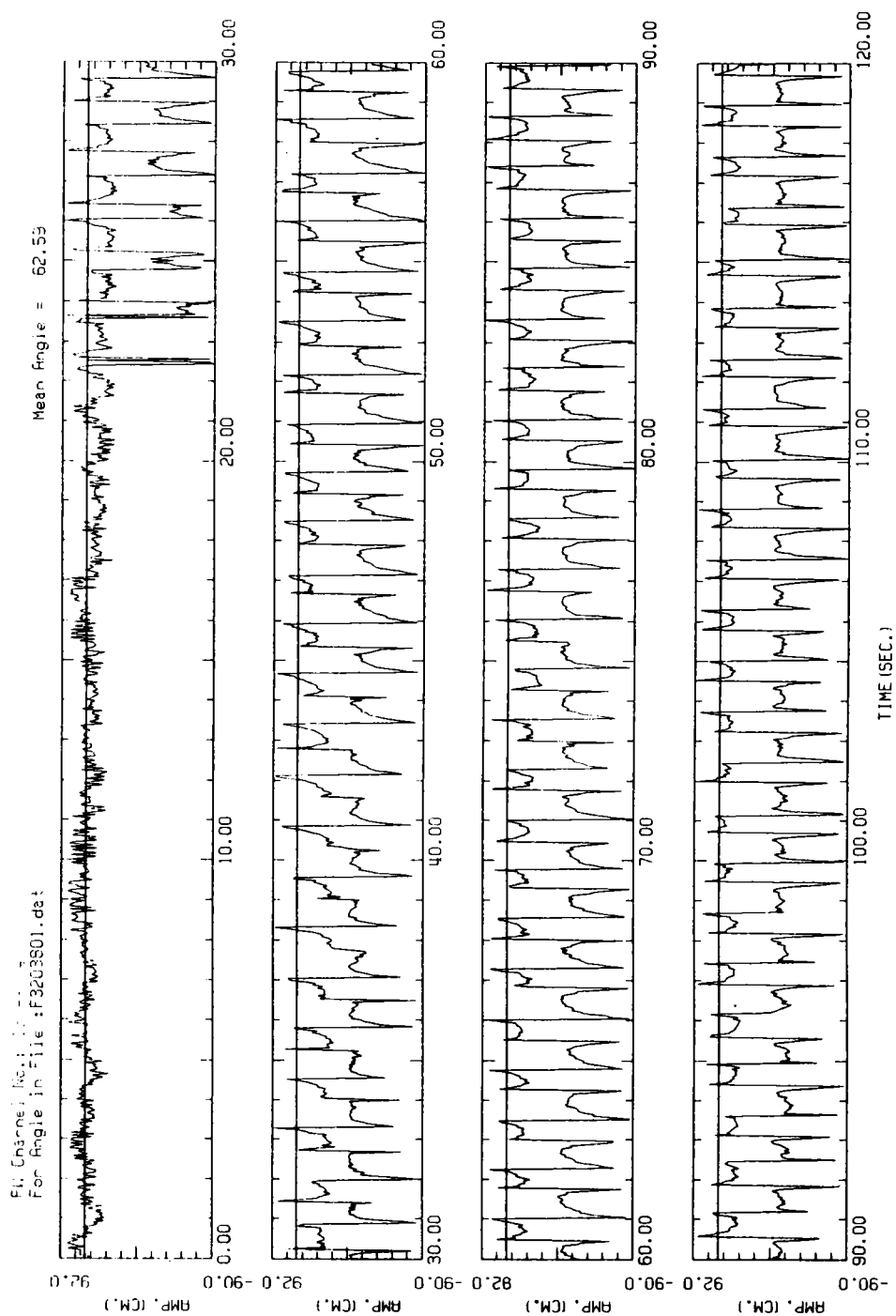


圖十八、波流交角 30° ，純波浪實驗，入射波之延時記錄

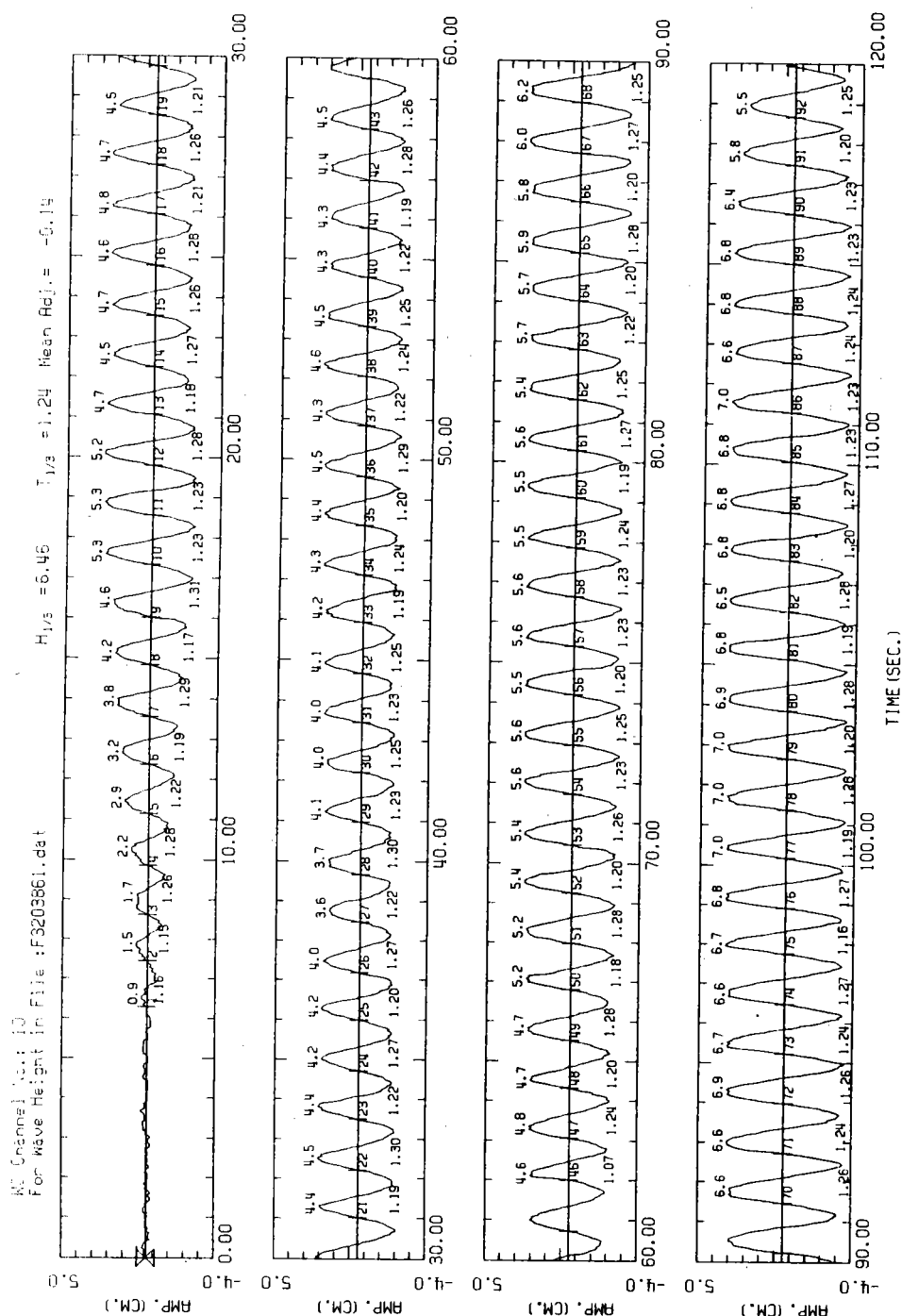




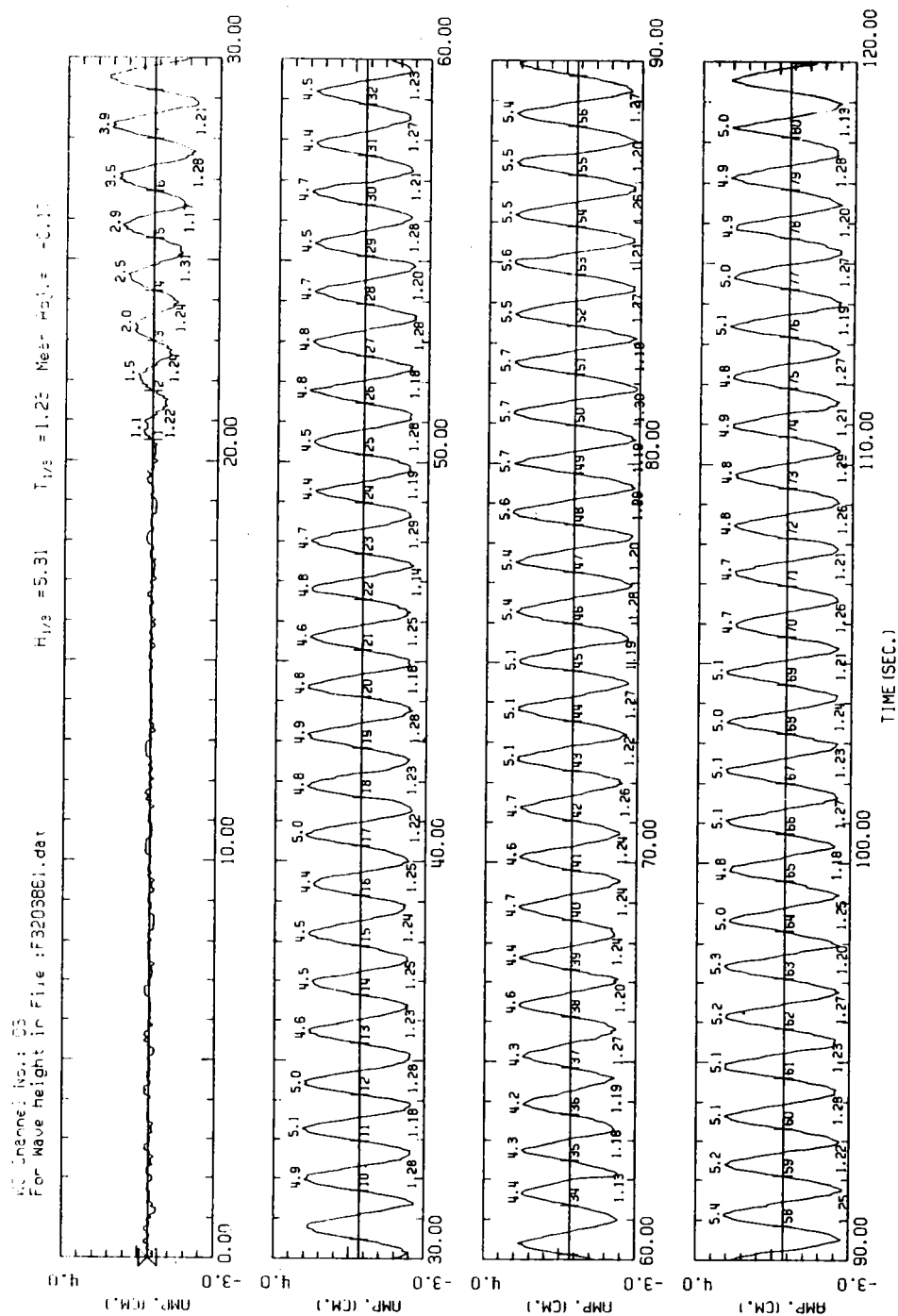
圖二十、波流交角 30° ，純波浪實驗，交會區中心之流速延時記錄



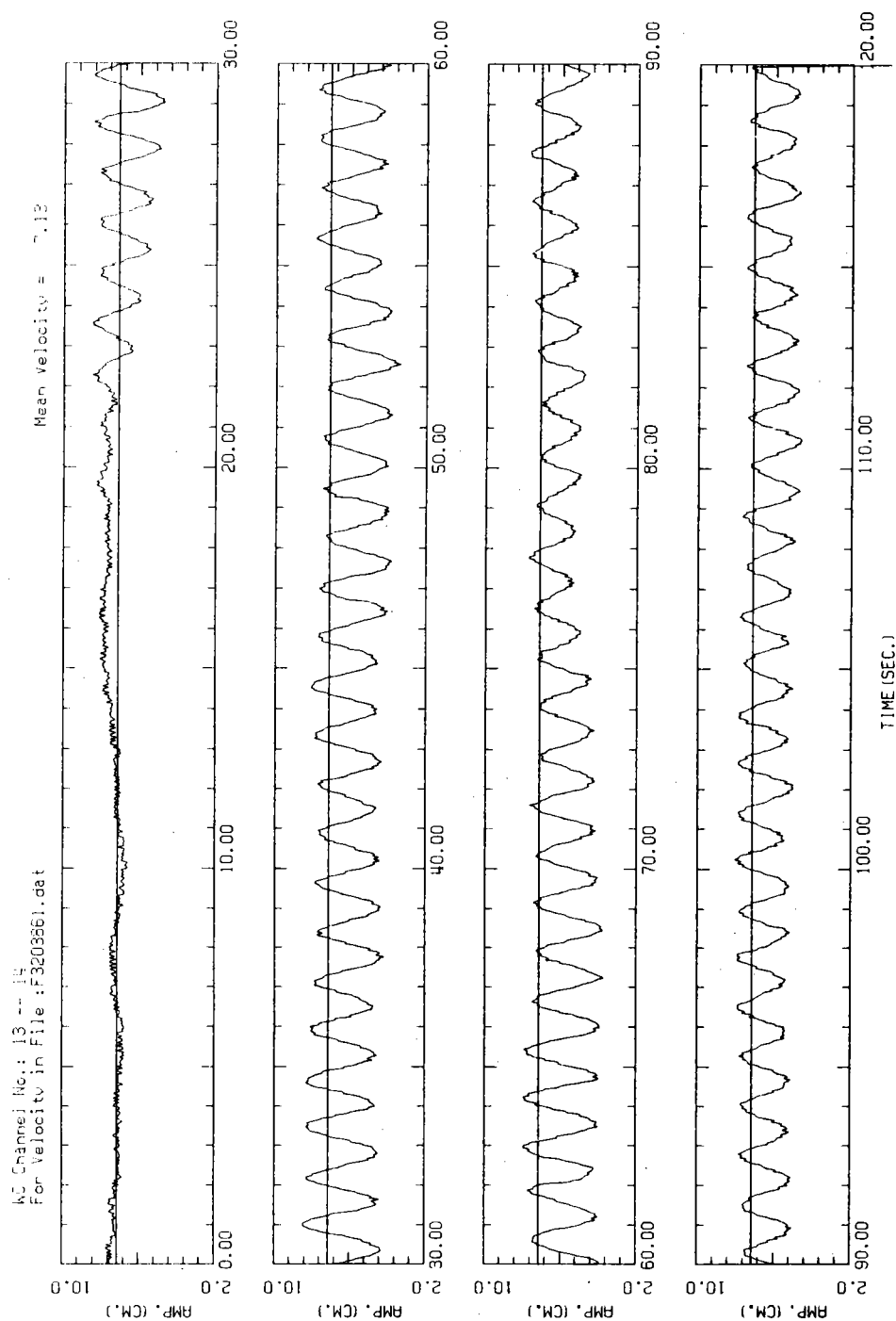
圖二十一、波流交角 30° ，純波浪實驗，交會區中心之流速相位延時記錄



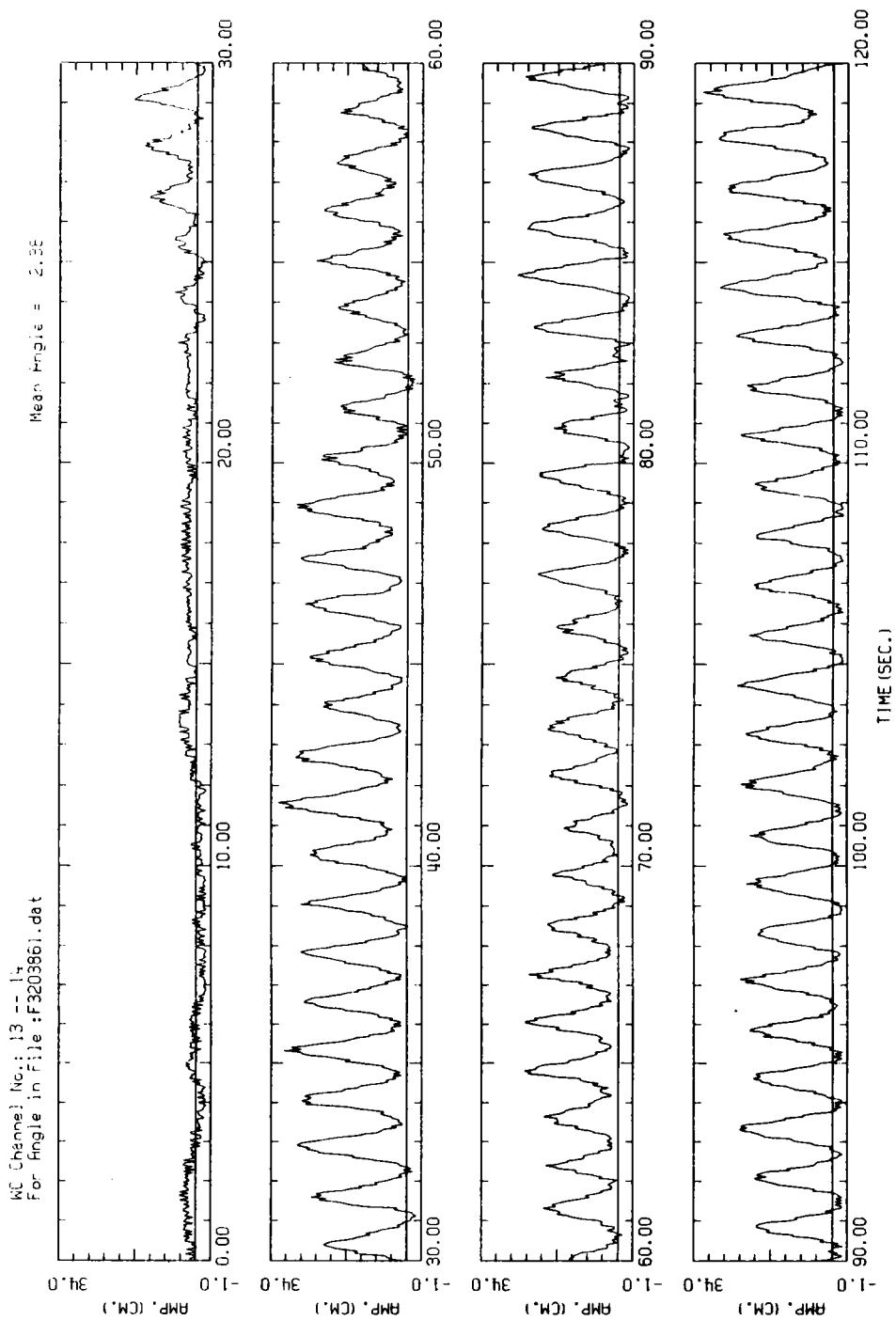
圖二十二、波流交角 30° ，波流交互作用實驗，入射波之延時記錄



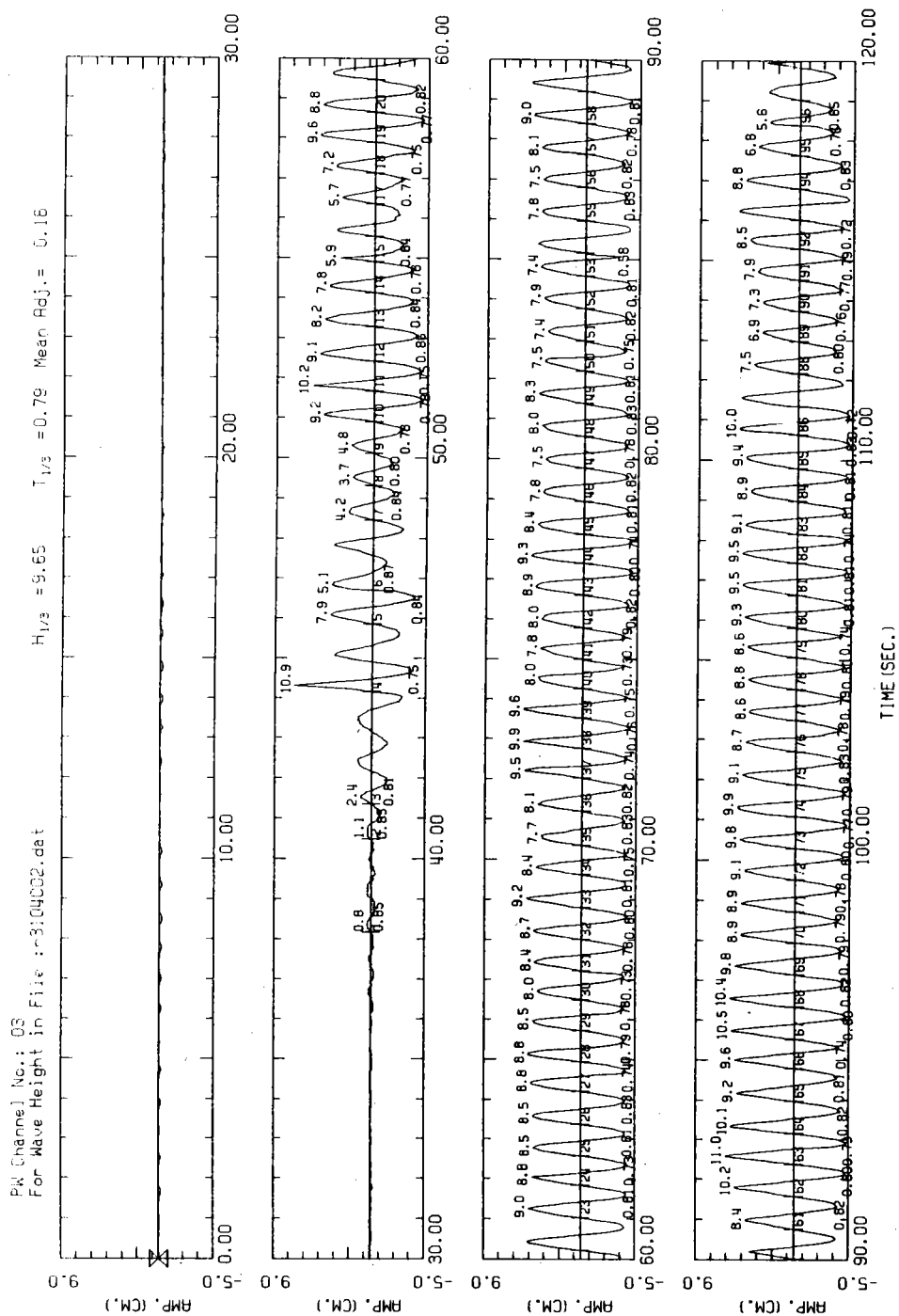
圖二十三、波流交角 30° ，波流交互作用實驗，交會區中心之波浪延時記錄



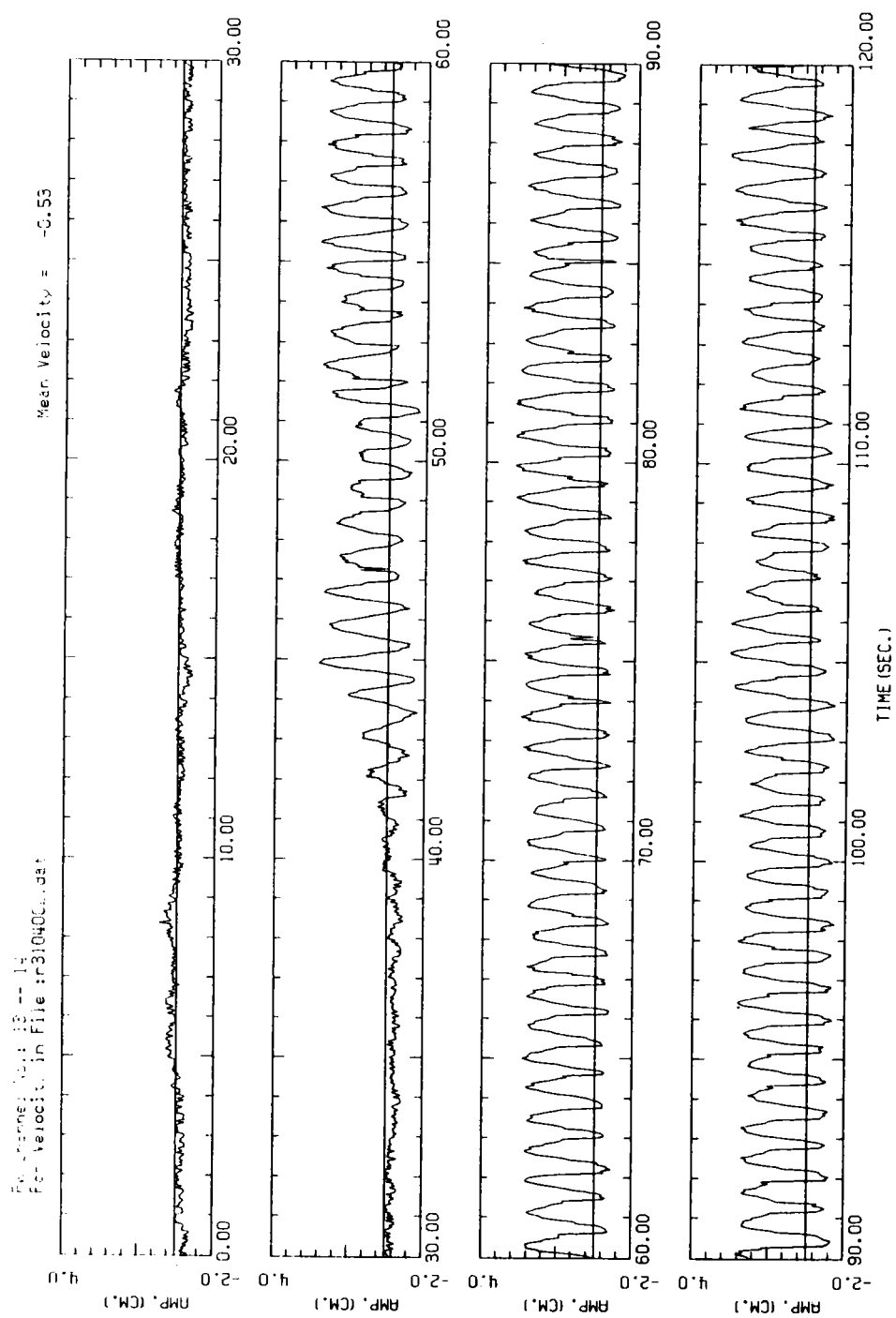
圖二十四、波流交角 30° ，波流交互作用實驗，交會區中心之流速延時記錄



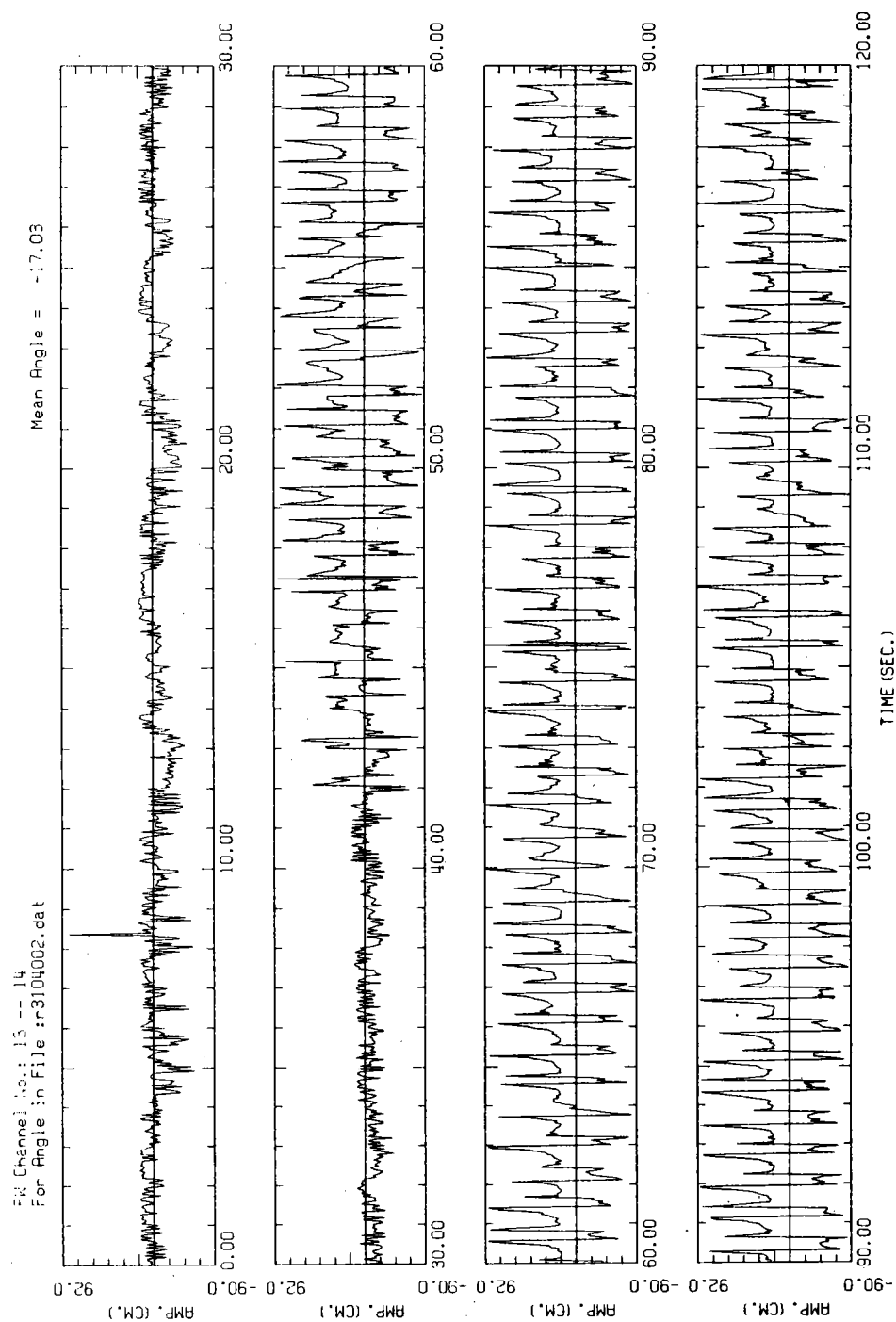
圖二十五、波流交角 30° ，波流交互作用實驗，交會區中心之流速相位延時記錄



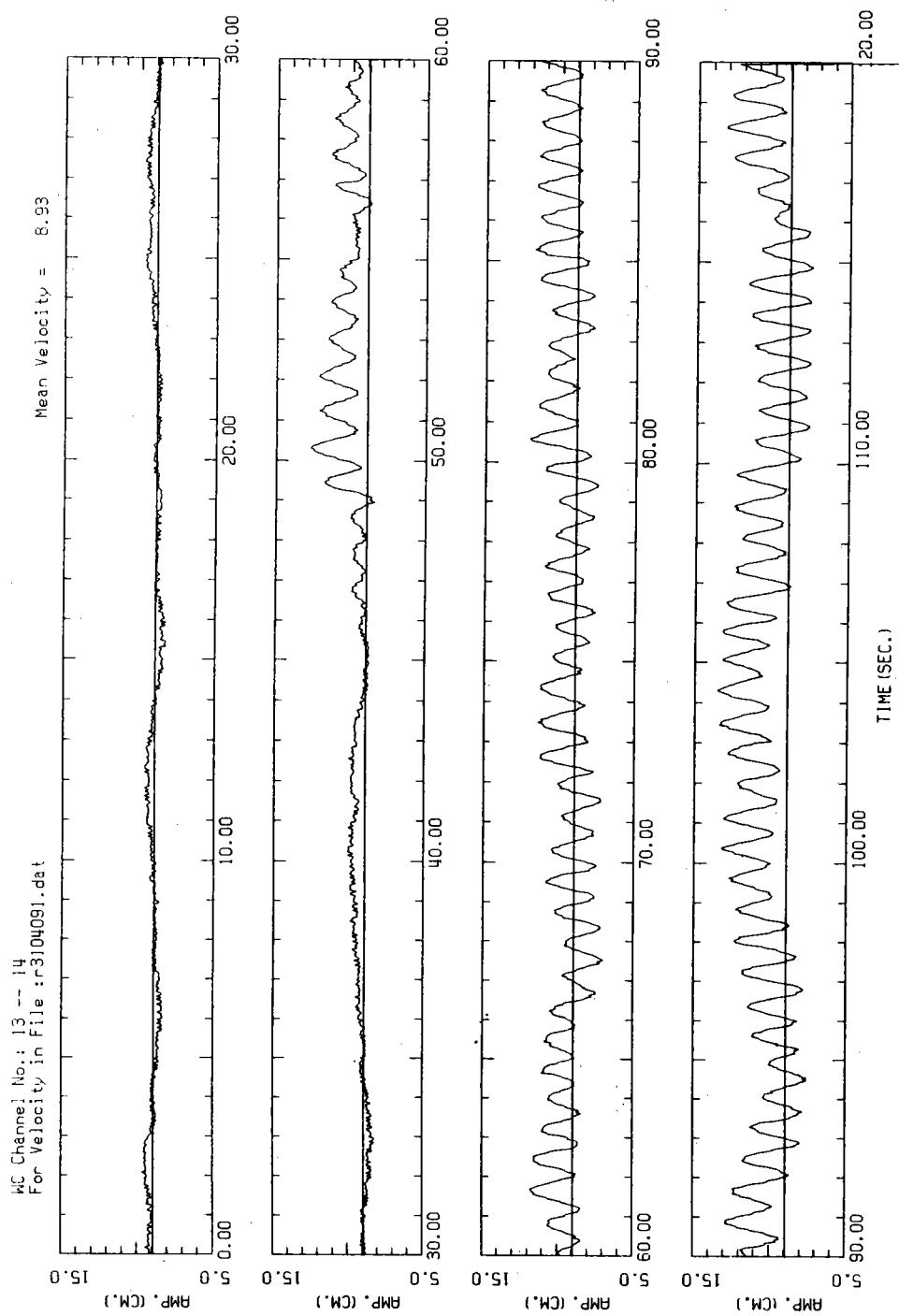
圖二十六、波流交角 150° ，純波浪實驗，交會區中心之波浪延時記錄



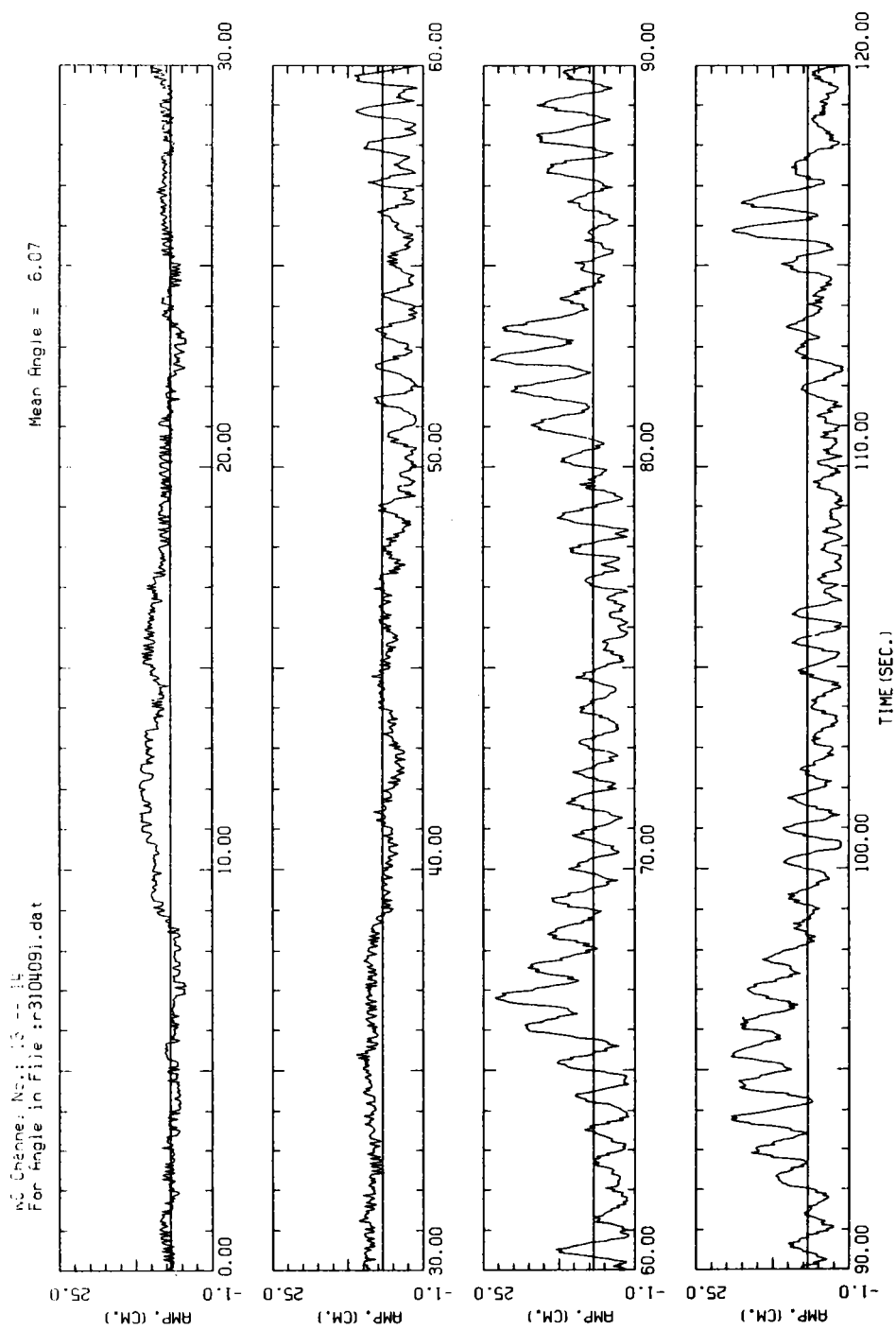
圖二十七、波流交角 150° ，純波浪實驗，交會區中心之流速延時記錄



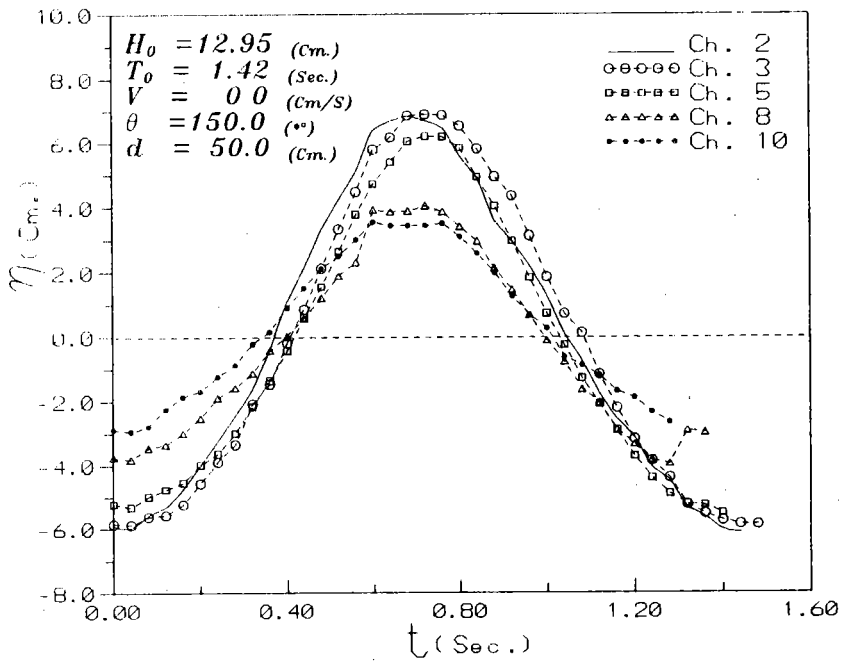
圖二十八、波流交角 150° ，純波浪實驗，交會區中心之流速相位延時記錄



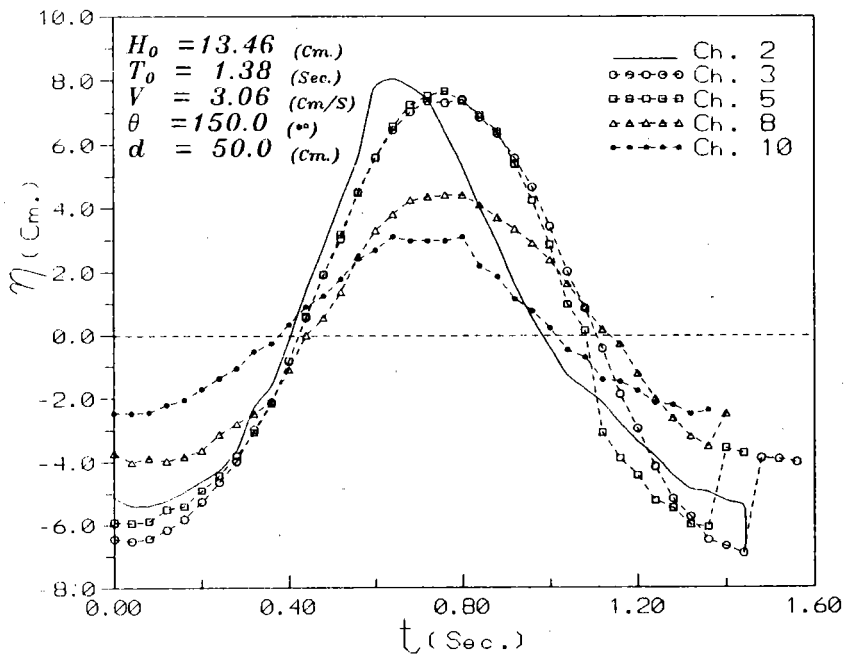
圖三十、波流交角 150° ，波流交互作用實驗，交會區中心之流速延時記錄



圖三十一、波流交角 150° ，波流交互作用實驗，交會區中心之流速相位延時記錄

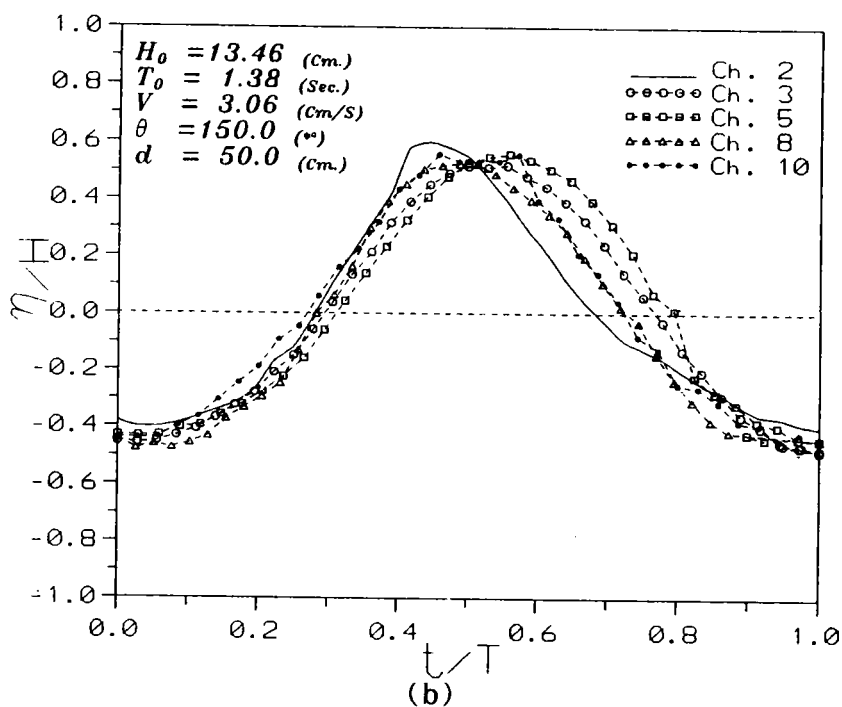
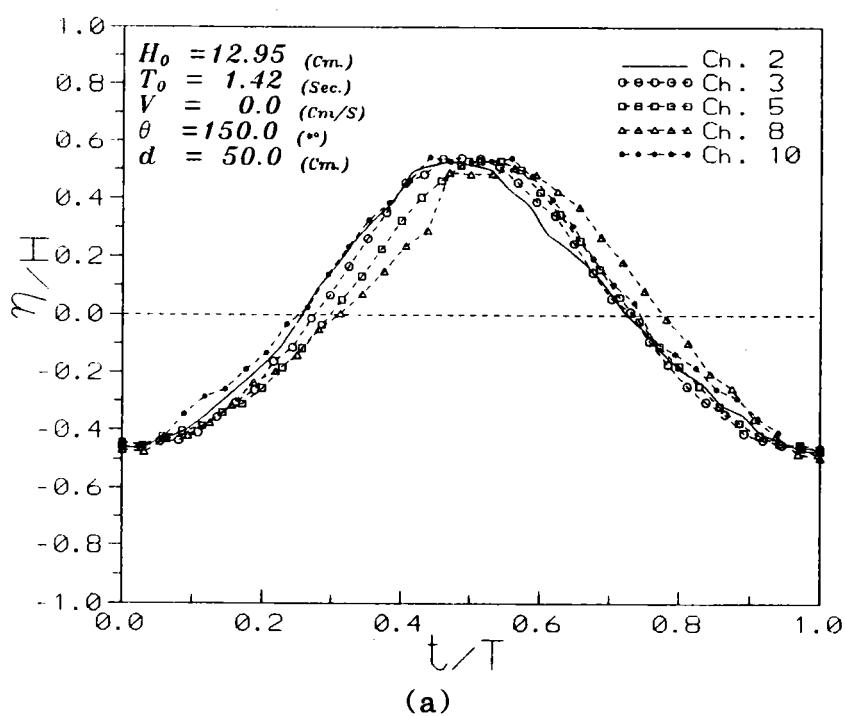


(a)

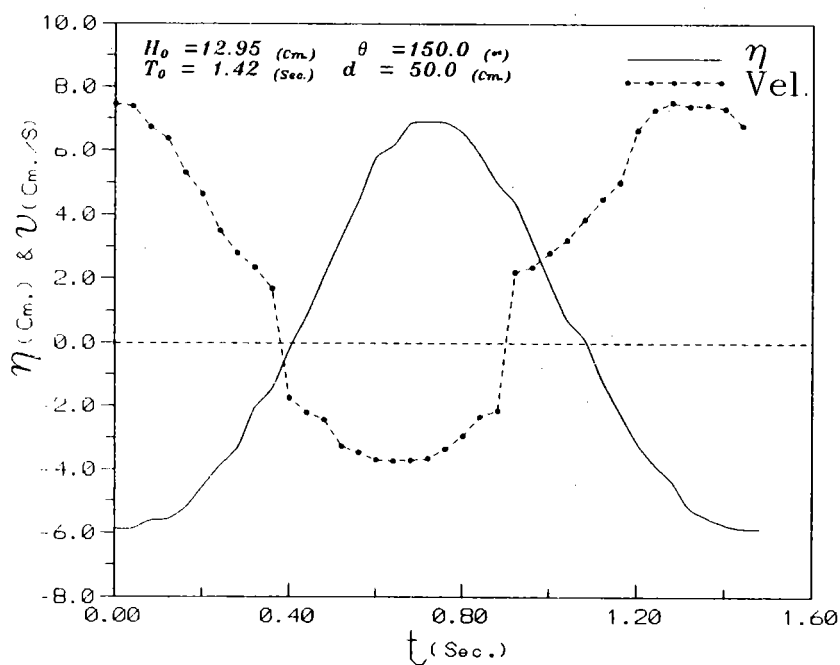


(b)

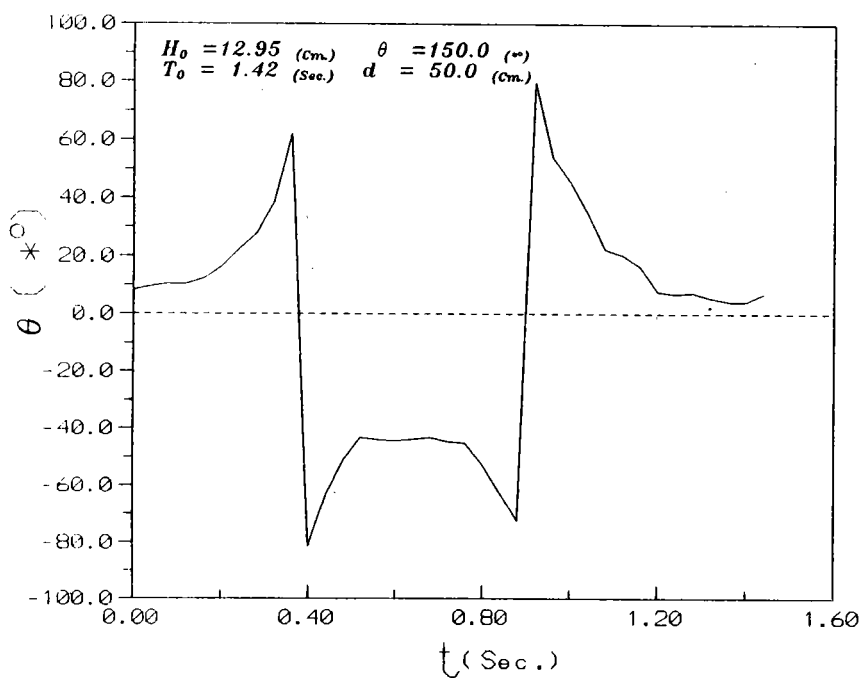
圖三十二、波形比較圖(a)無流(b)波流共存



圖三十三、無因次化波形比較圖(a)無流(b)波流共存

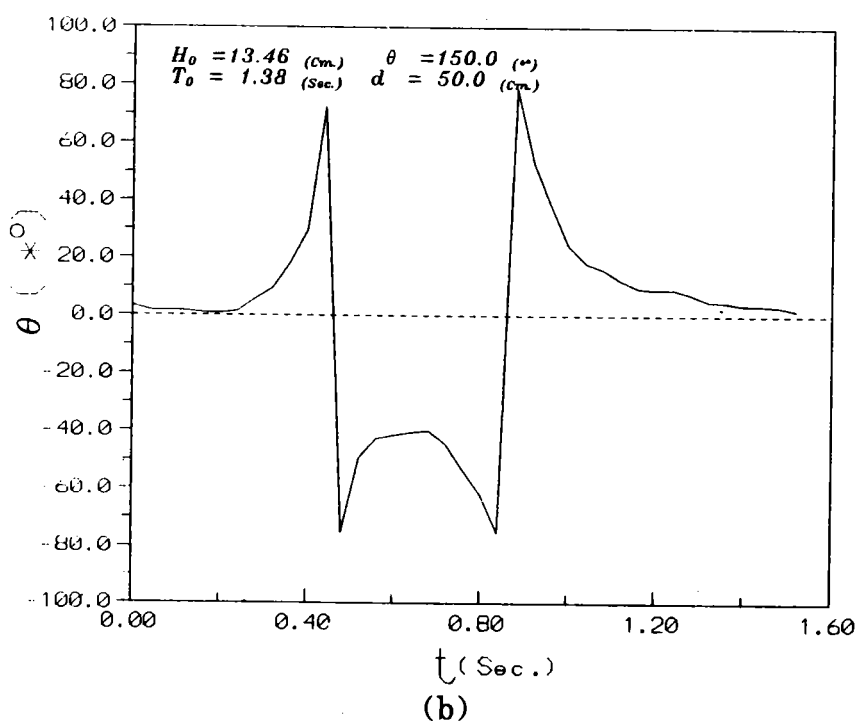
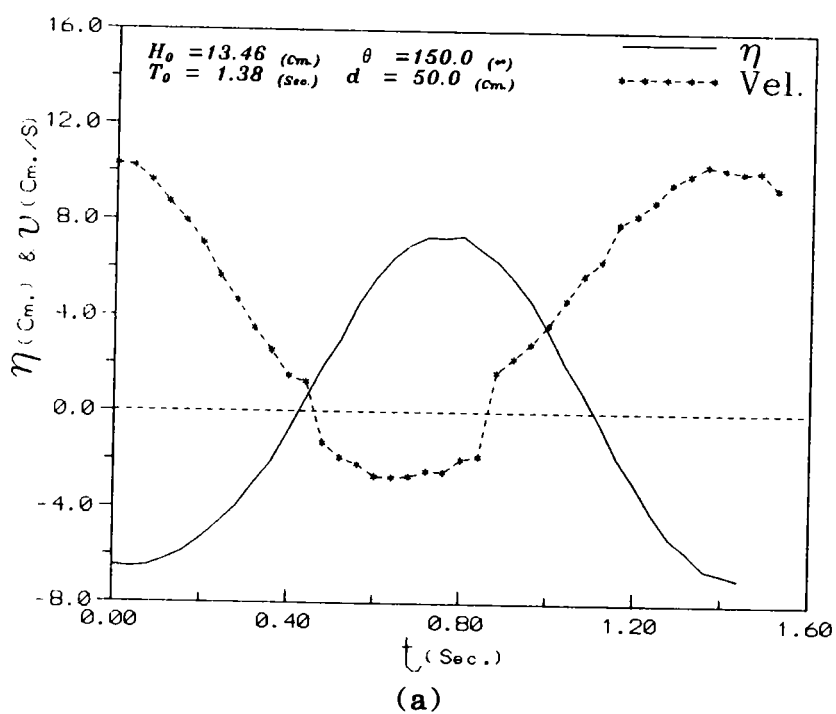


(a)

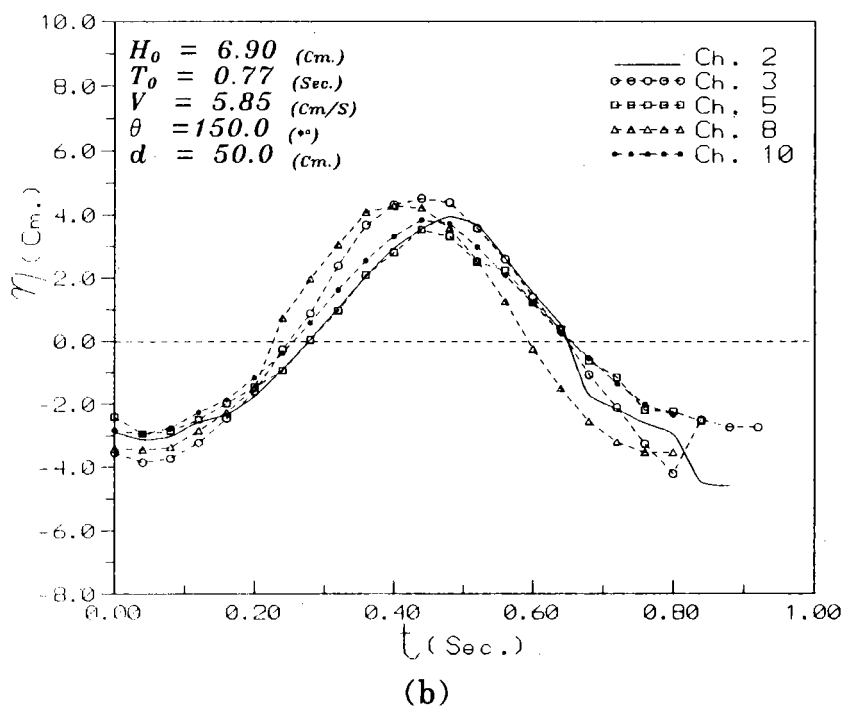
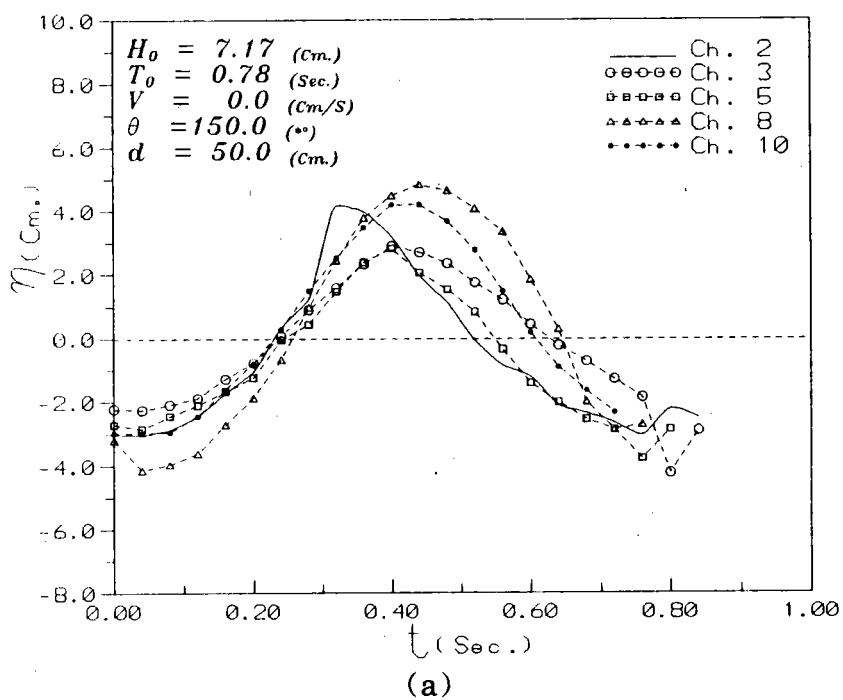


(b)

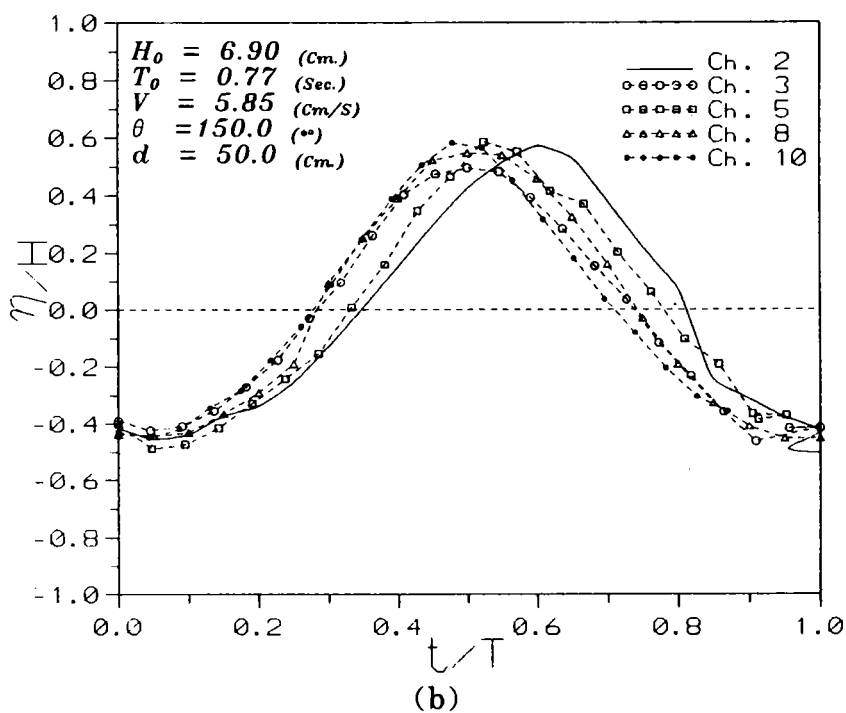
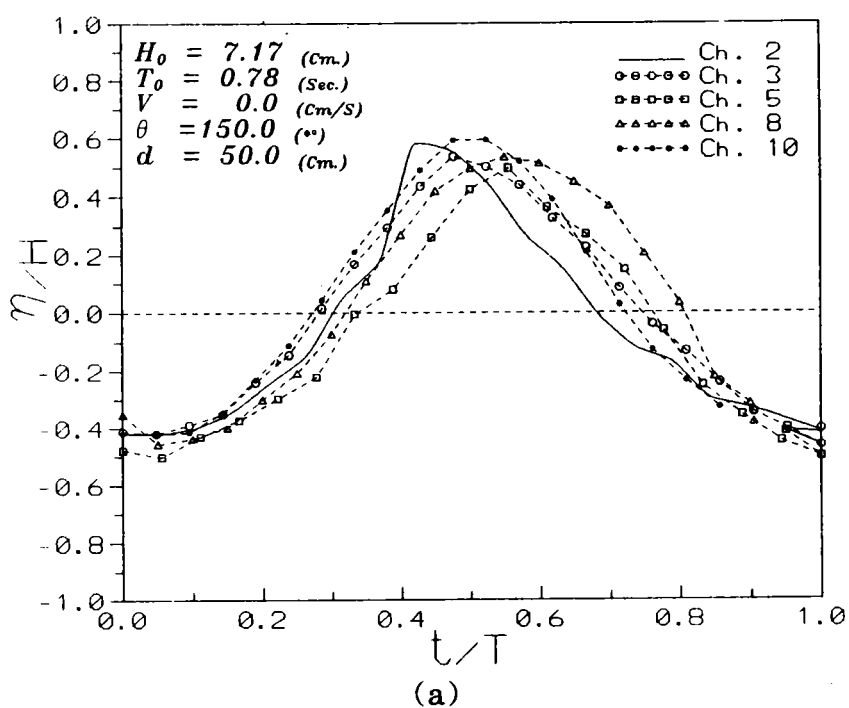
圖三十四、純波實驗流速(a)及流速相位(b)圖



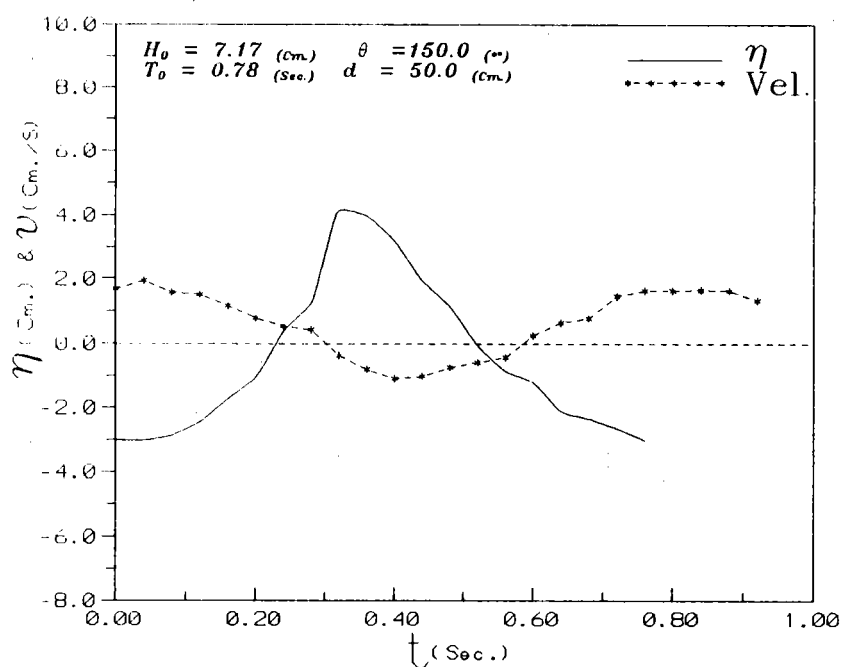
圖三十五、波流交互作用實驗流速(a)及流速相位(b)圖



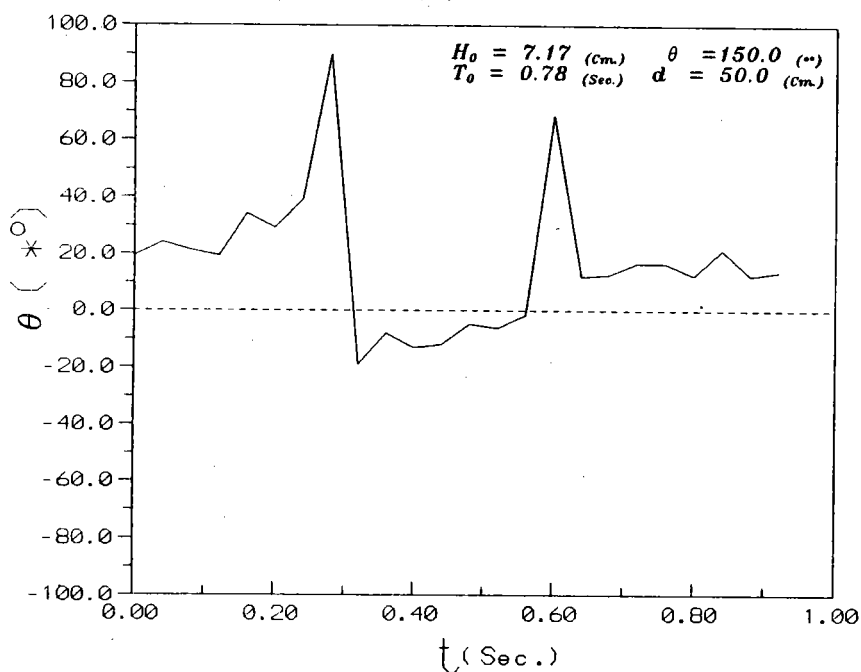
圖三十六、波形比較圖(a)無流(b)波流共存



圖三十七、無因次化波形比較圖(a)無流(b)波流共存

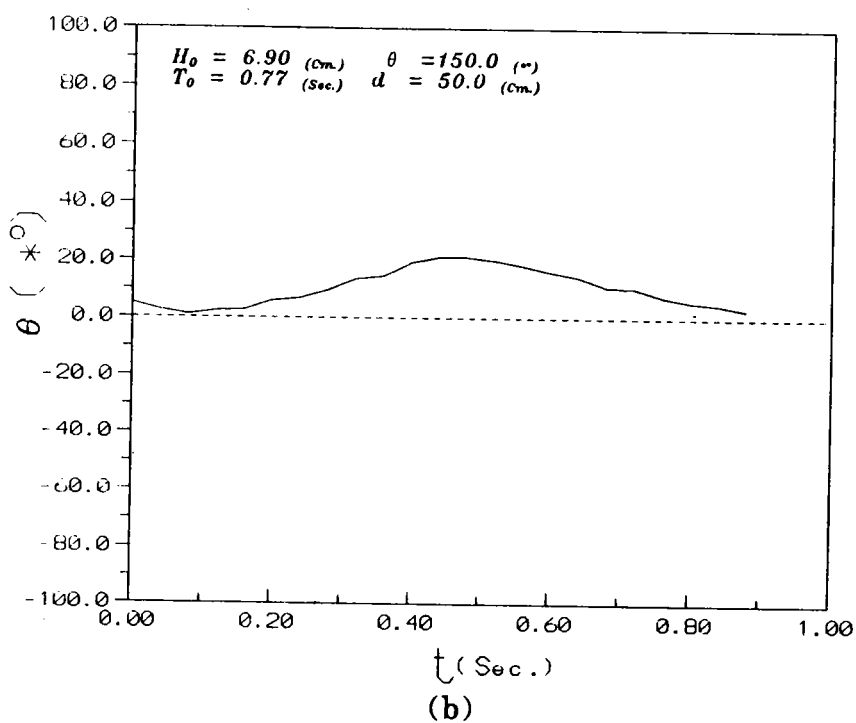
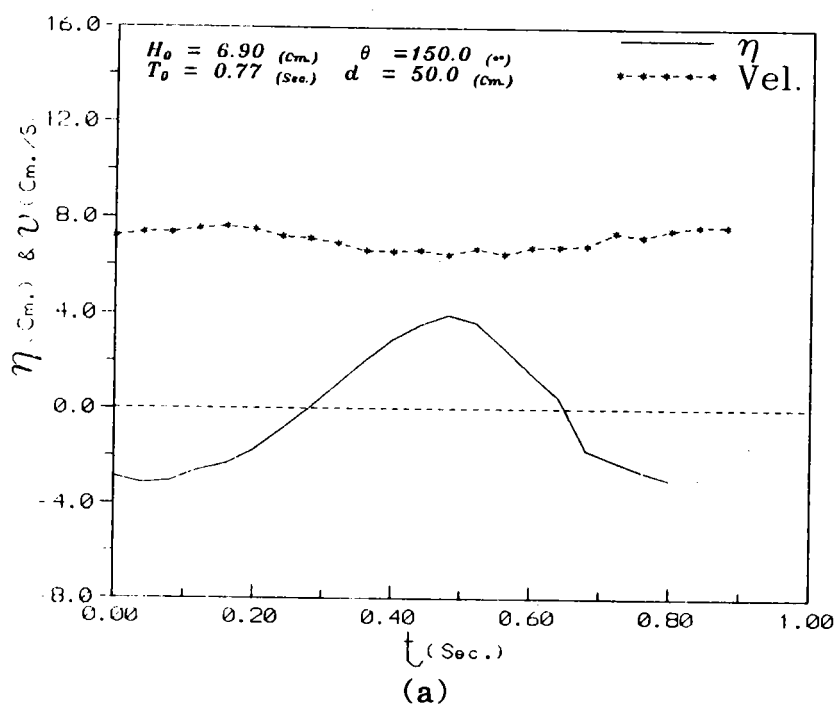


(a)

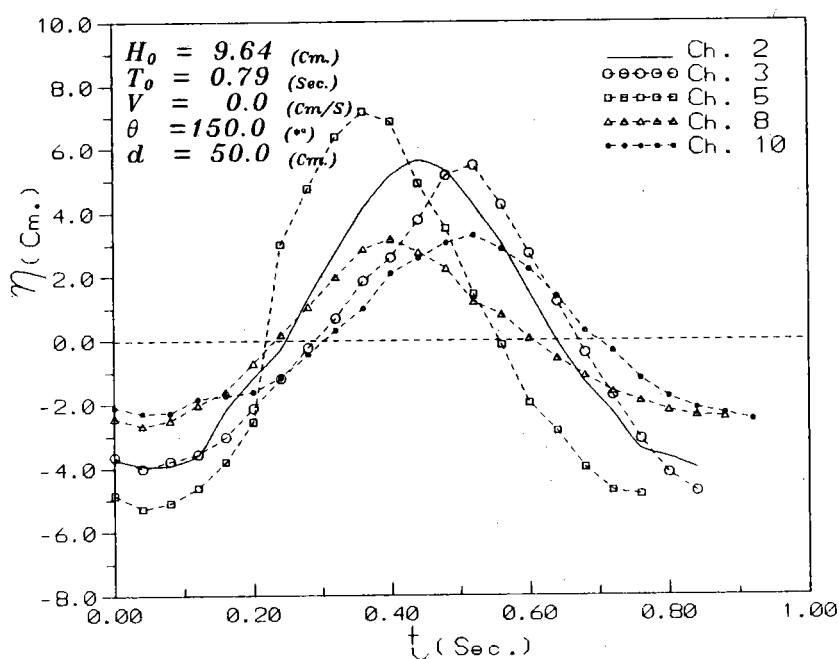


(b)

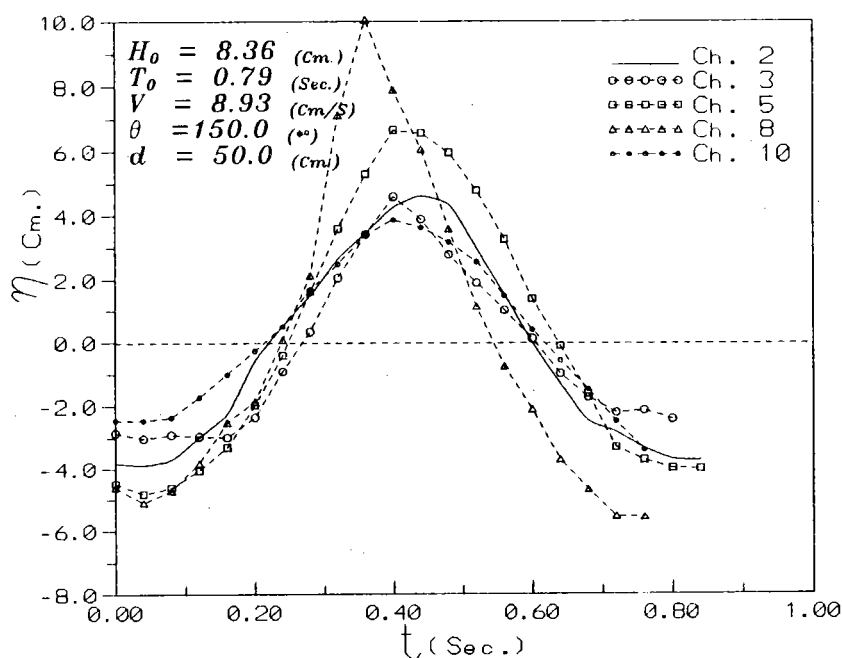
圖三十八、純波實驗流速(a)及流速相位(b)圖



圖三十九、波流交互作用實驗流速(a)及流速相位(b)圖

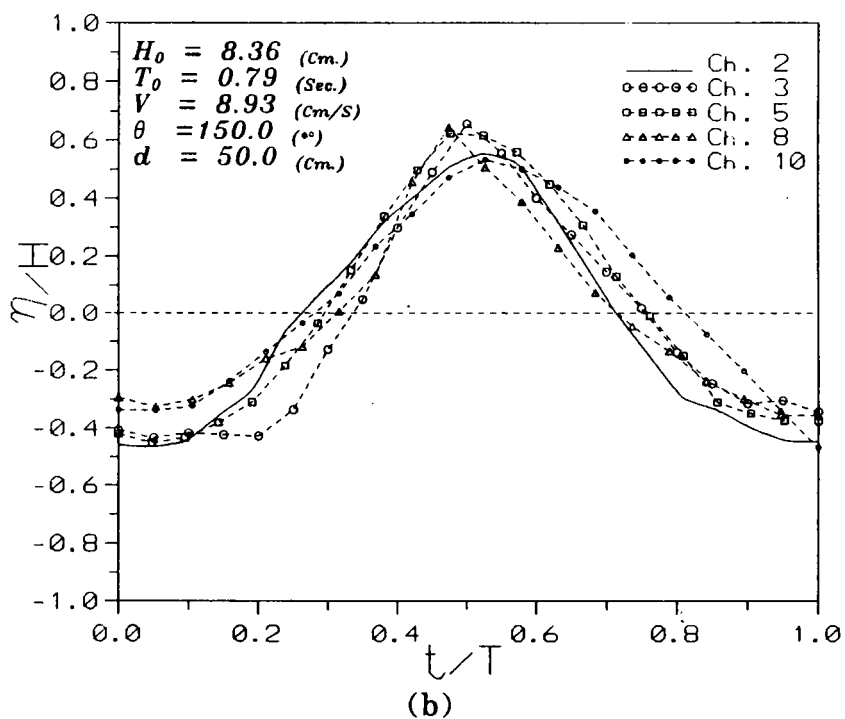
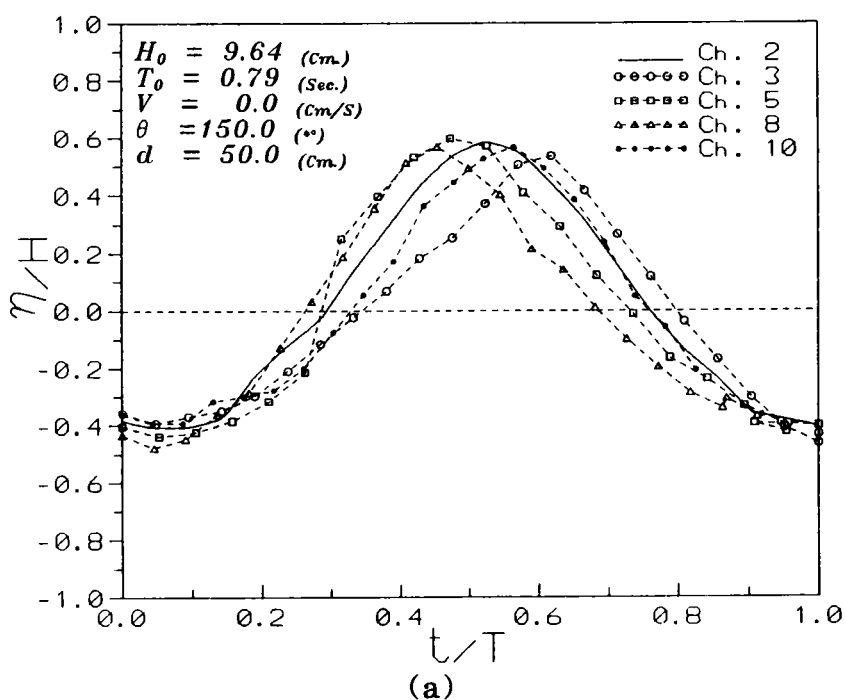


(a)

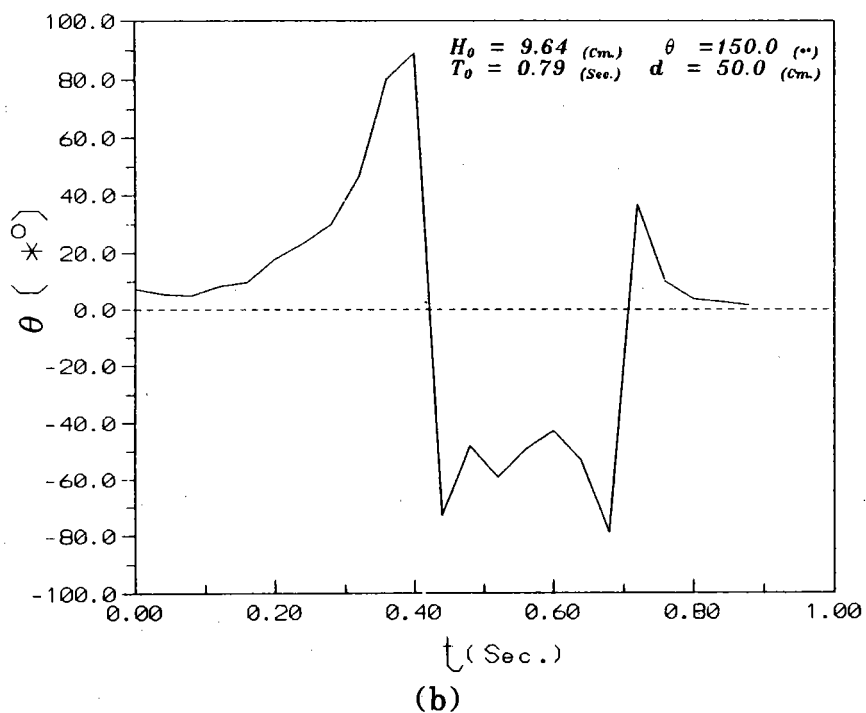
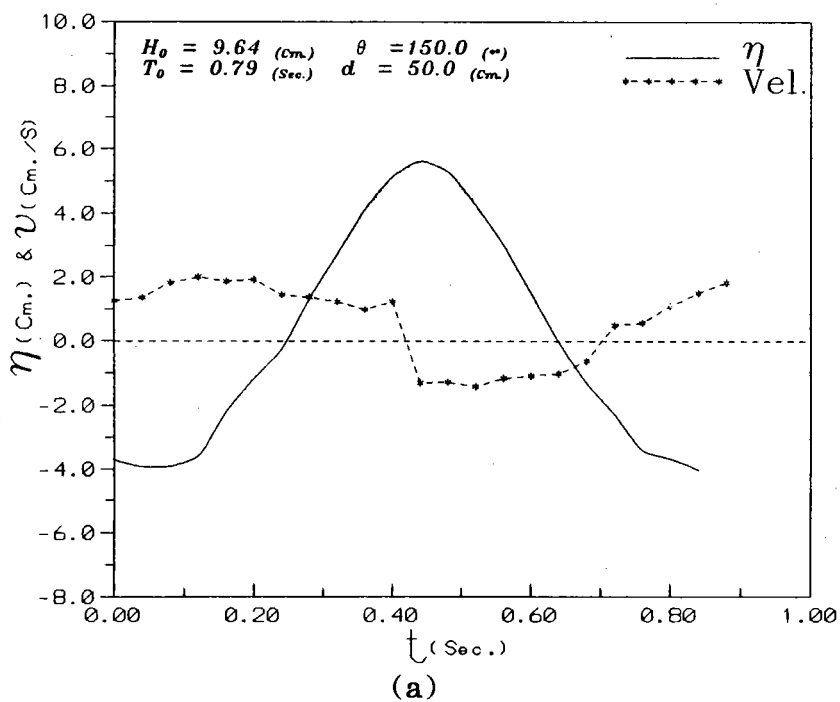


(b)

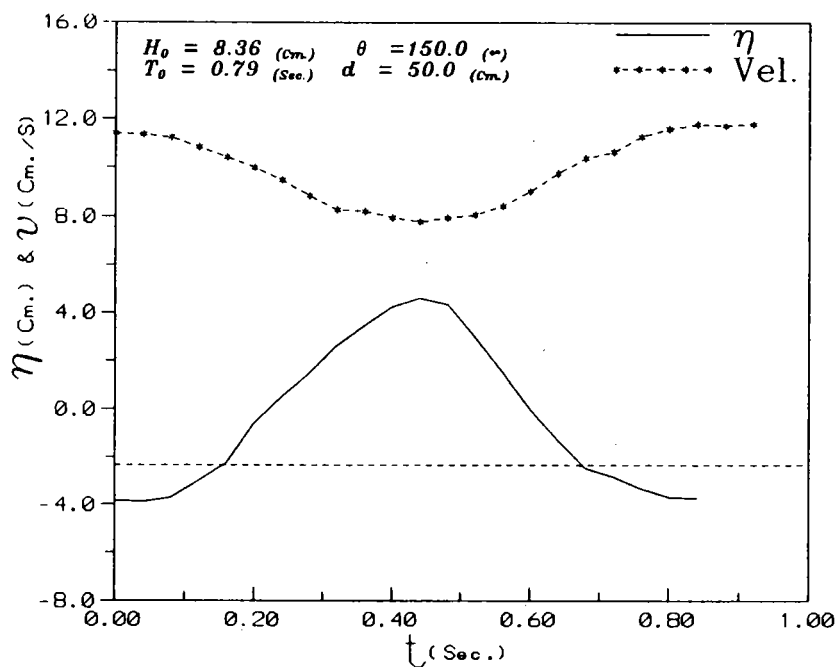
圖四十、波形比較圖(a)無流(b)波流共存



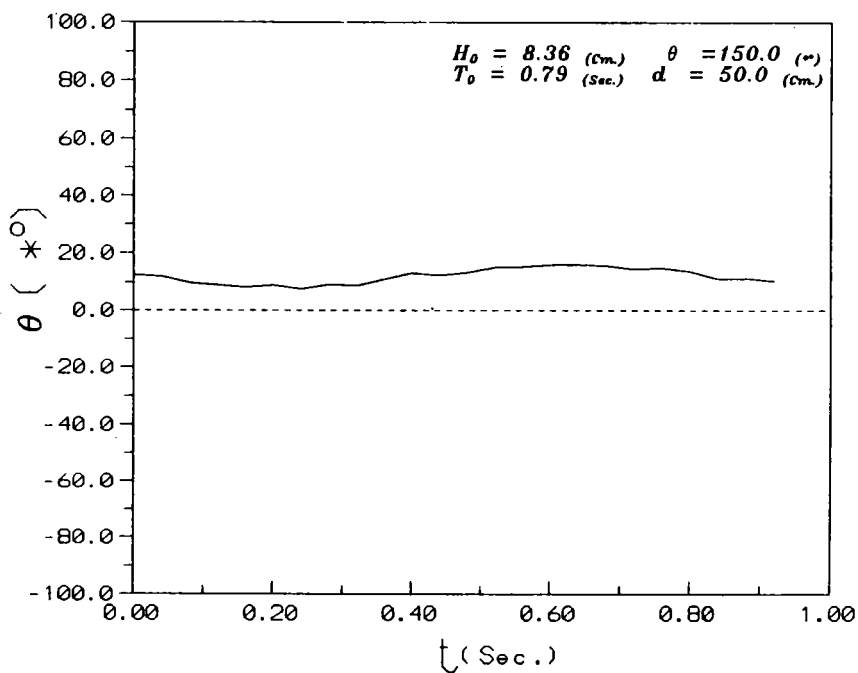
圖四十一、無因次化波形比較圖(a)無流(b)波流共存



圖四十二、純波實驗流速(a)及流速相位(b)圖

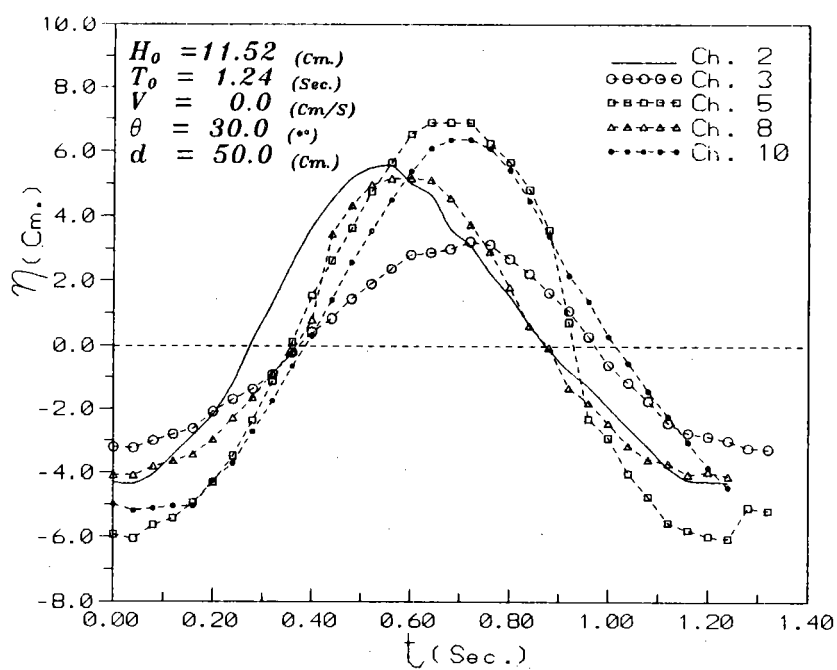


(a)

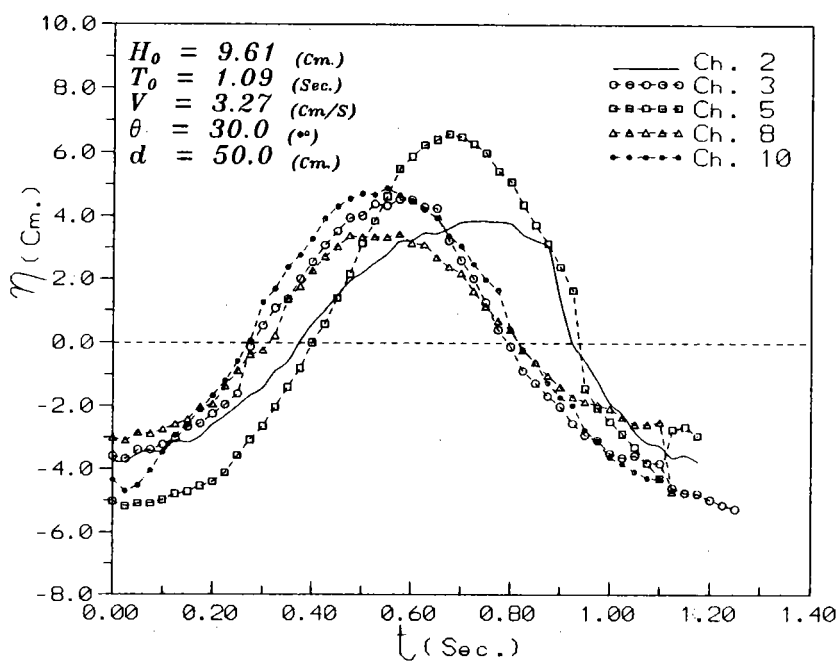


(b)

圖四十三、波流交互作用實驗流速(a)及流速相位(b)圖

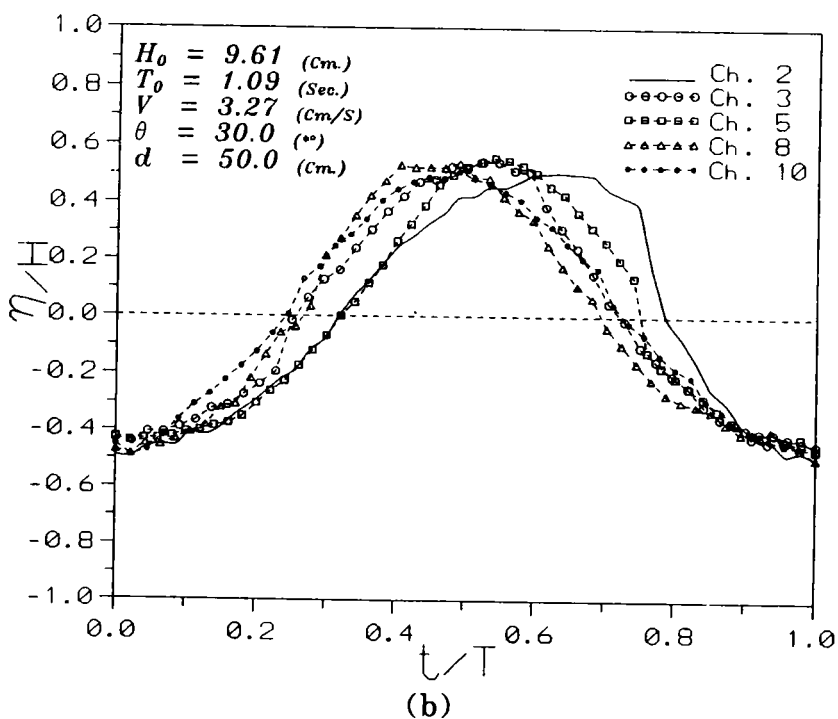
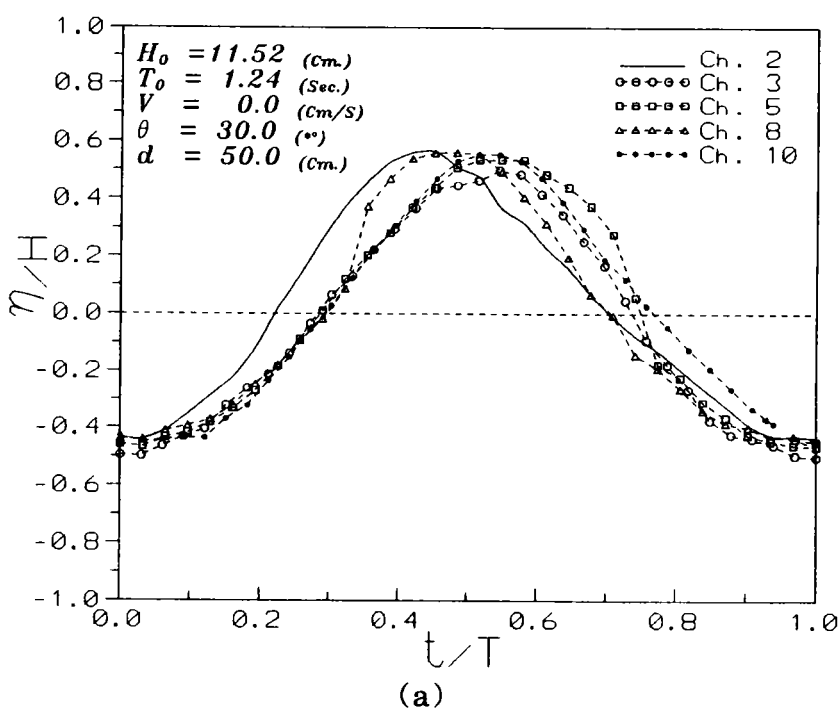


(a)

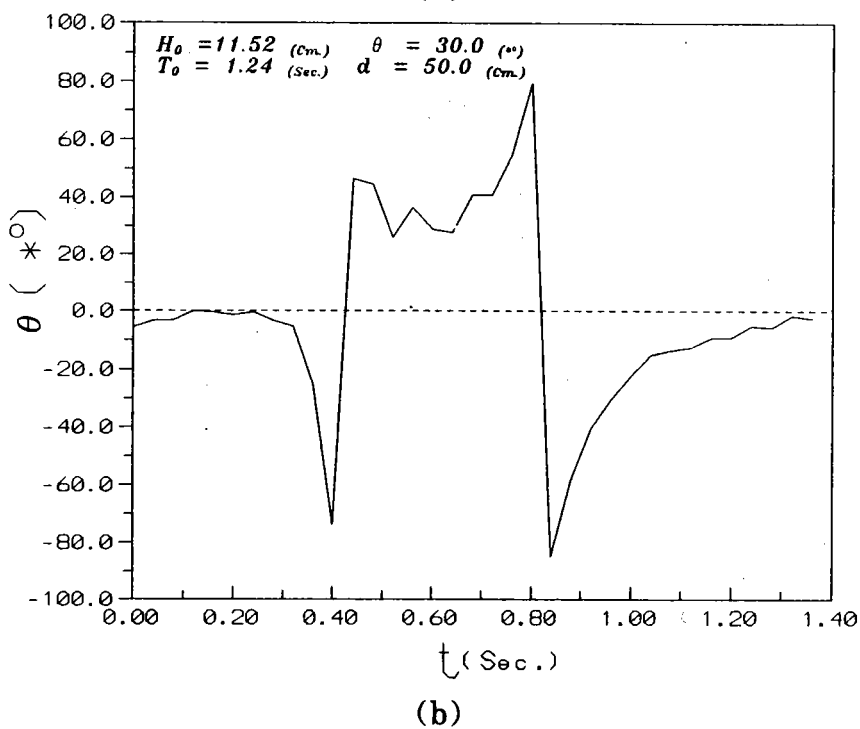
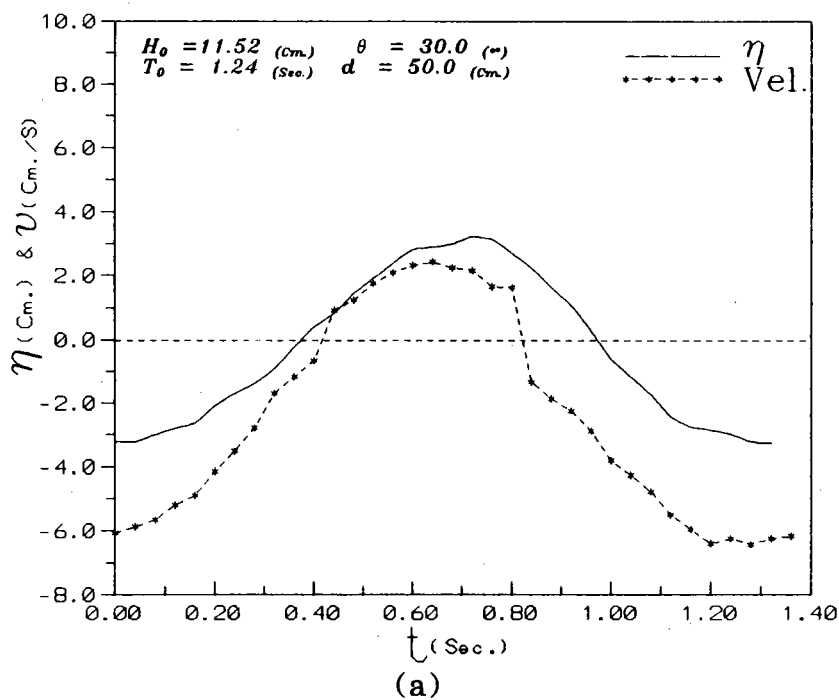


(b)

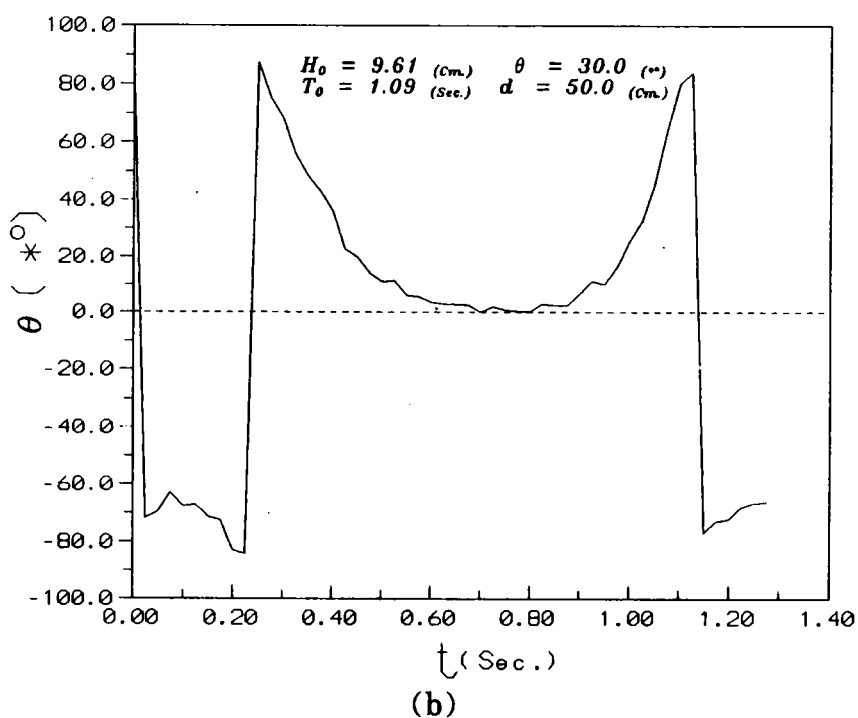
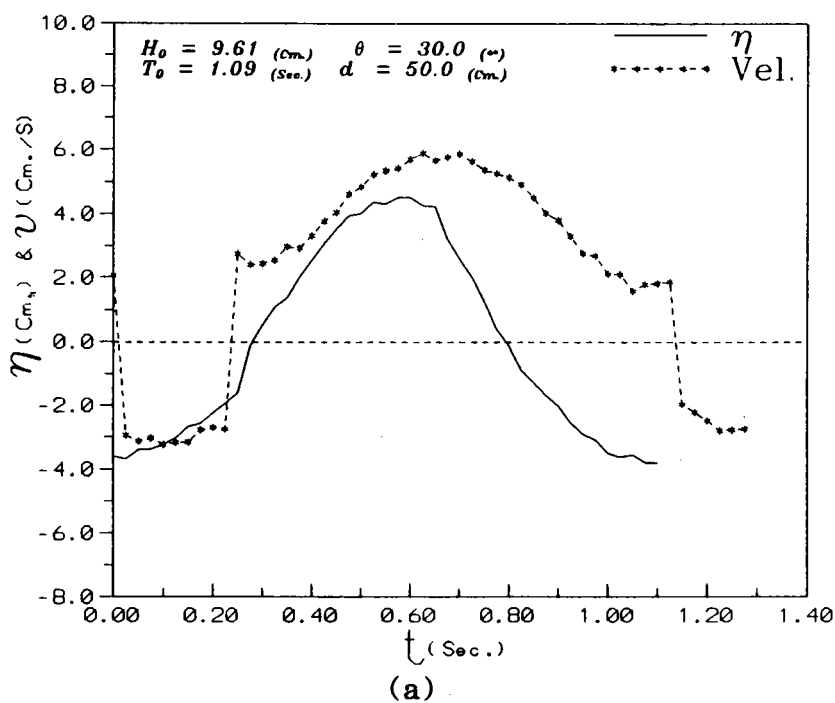
圖四十四、波形比較圖(a)無流(b)波流共存



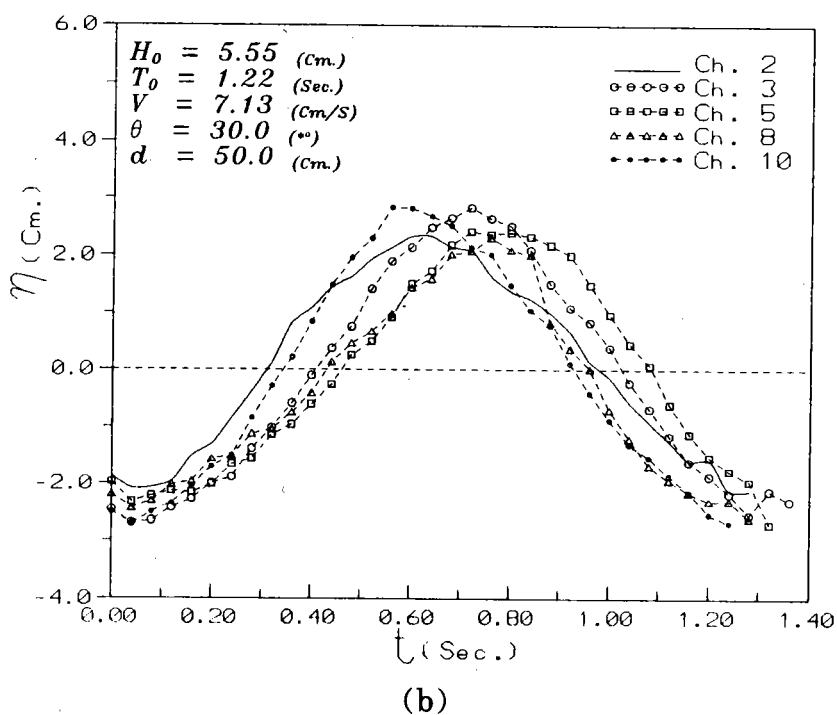
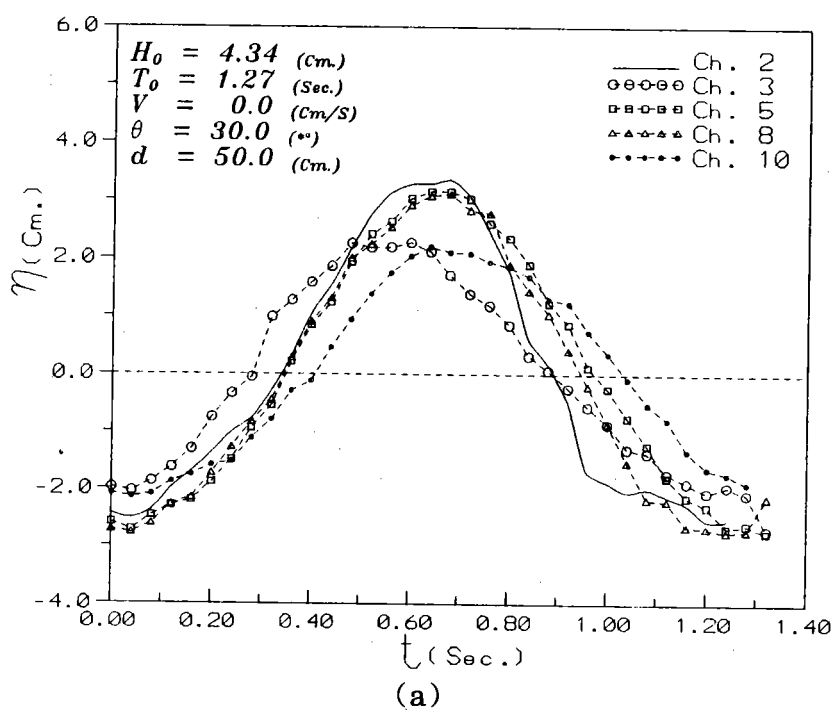
圖四十五、無因次化波形比較圖(a)無流(b)波流共存



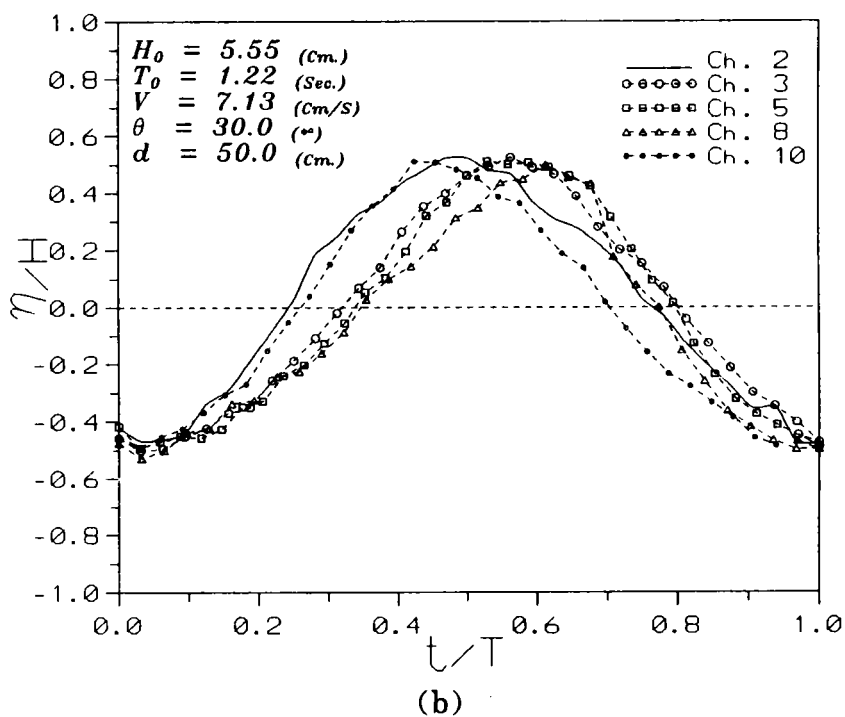
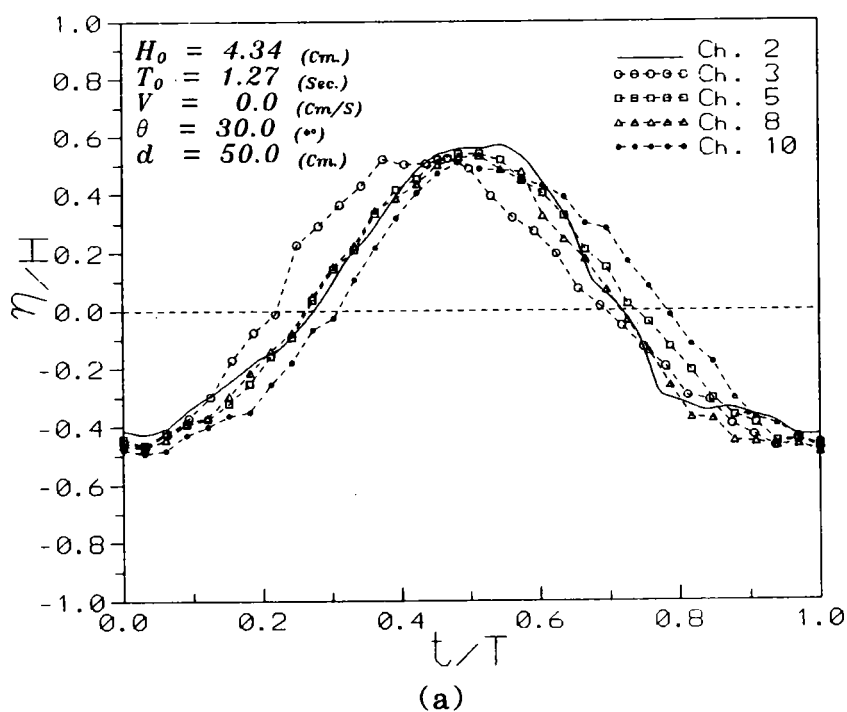
圖四十六、純波實驗流速(a)及流速相位(b)圖



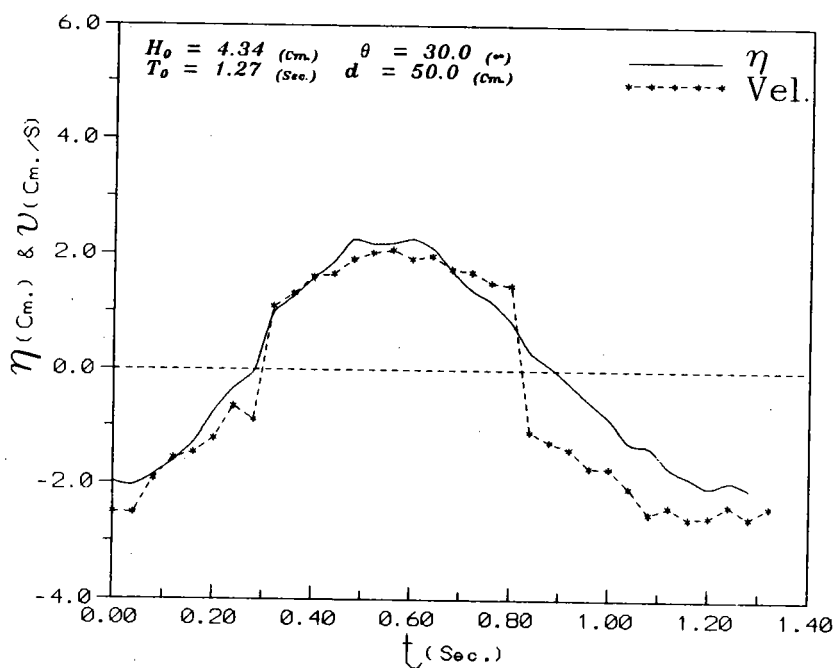
圖四十七、波流交互作用實驗流速(a)及流速相位(b)圖



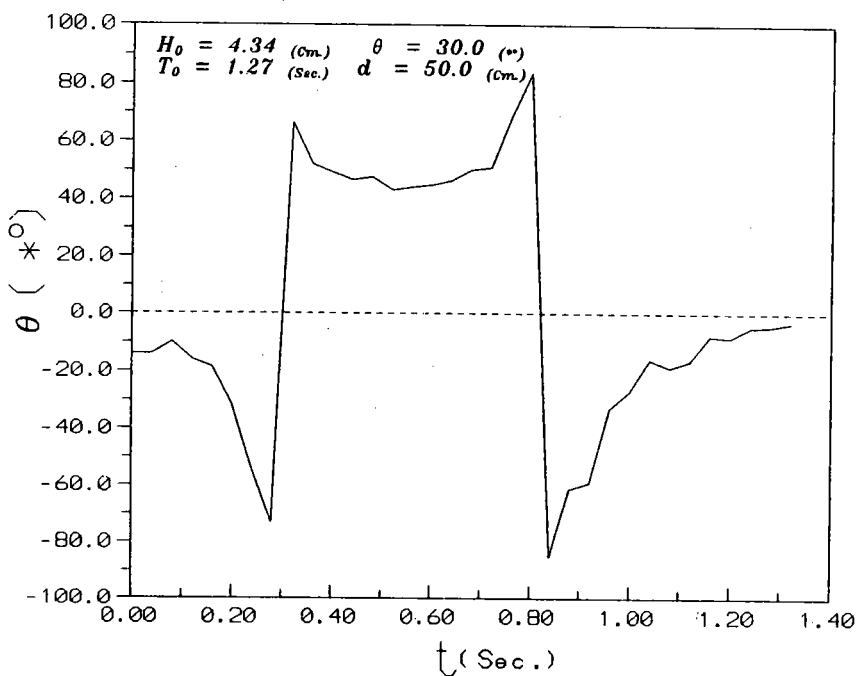
圖四十八、波形比較圖(a)無流(b)波流共存



圖四十九、無因次化波形比較圖(a)無流(b)波流共存

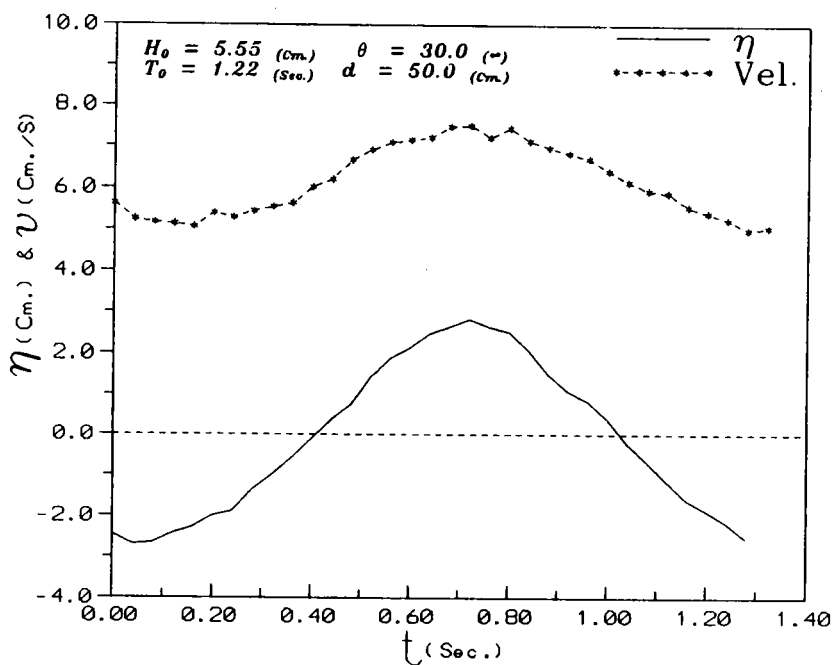


(a)

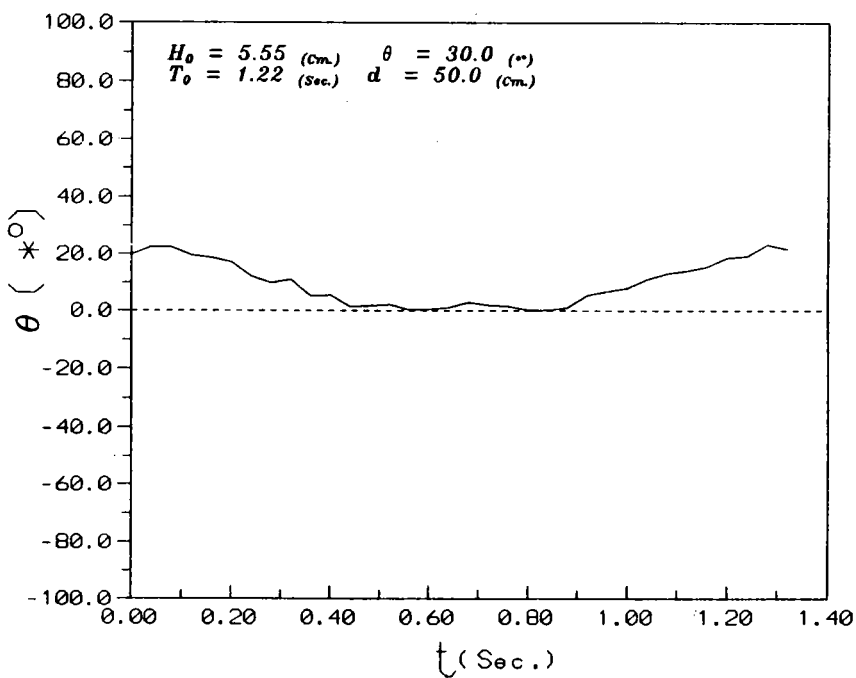


(b)

圖五十、純波實驗流速(a)及流速相位(b)圖

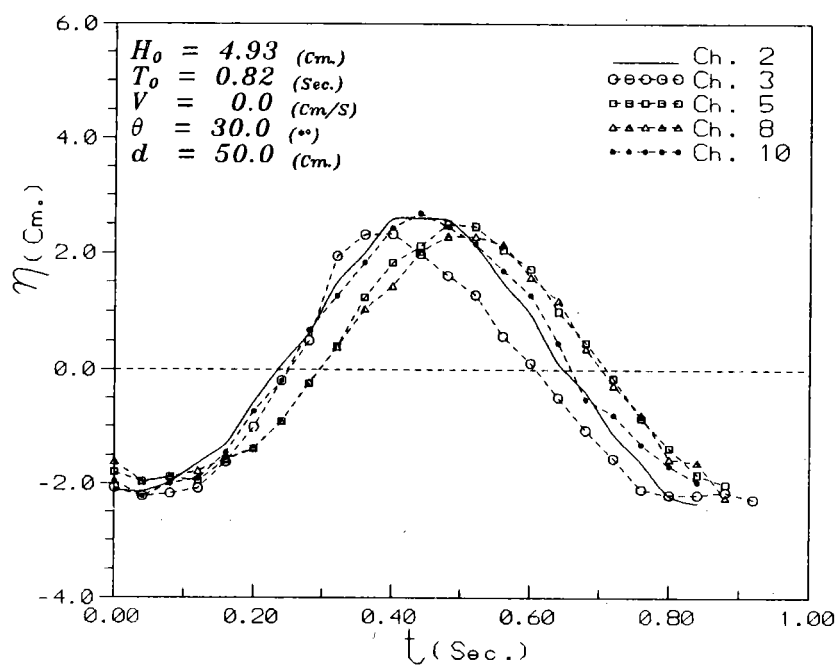


(a)

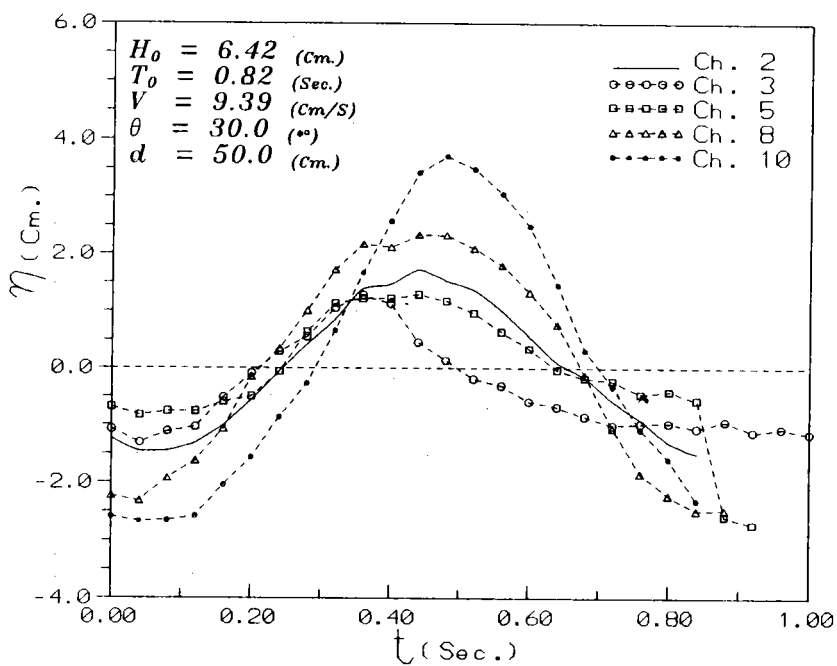


(b)

圖五十一、波流交互作用實驗流速(a)及流速相位(b)圖

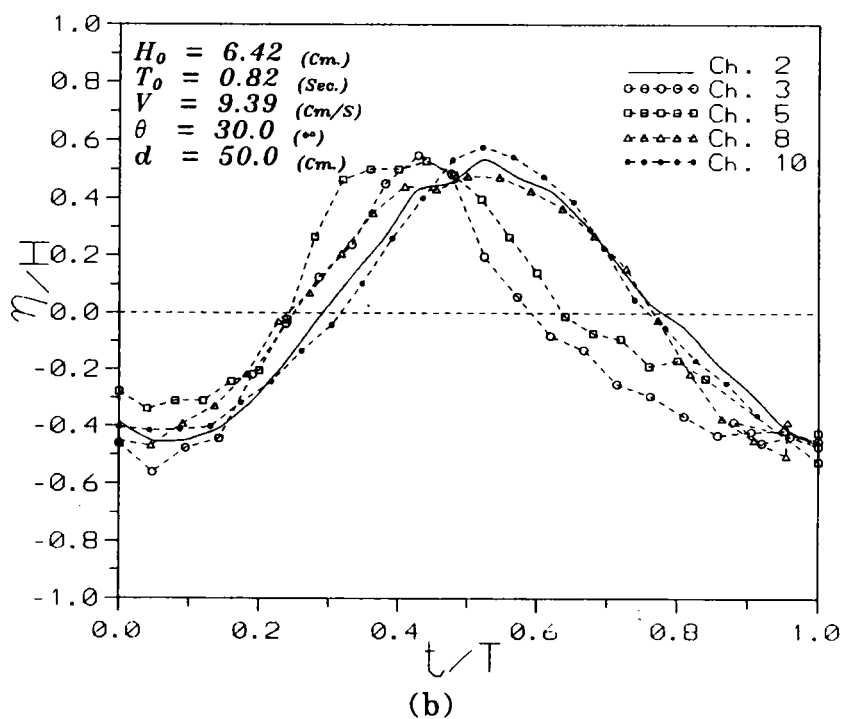
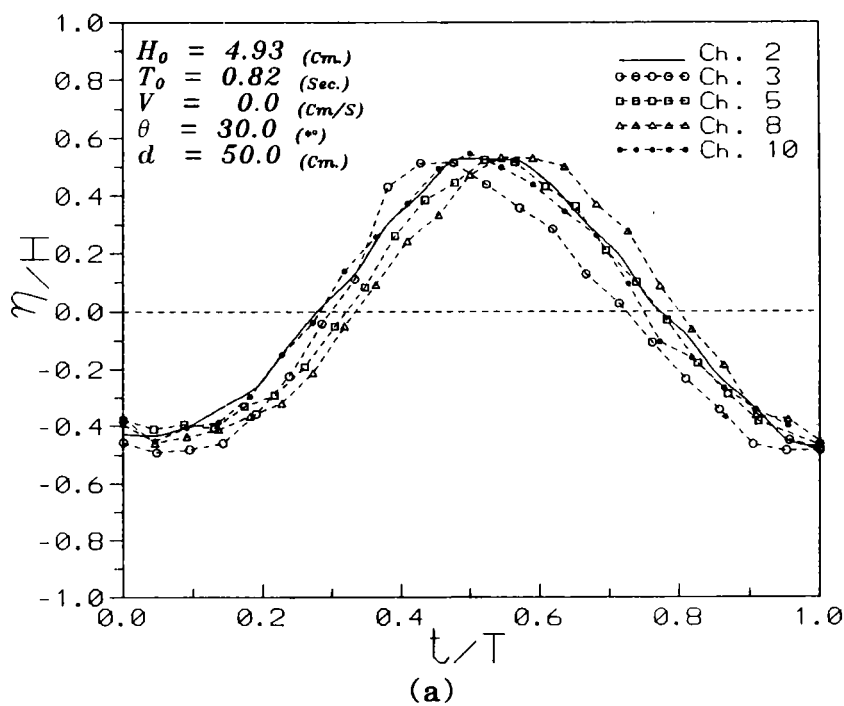


(a)

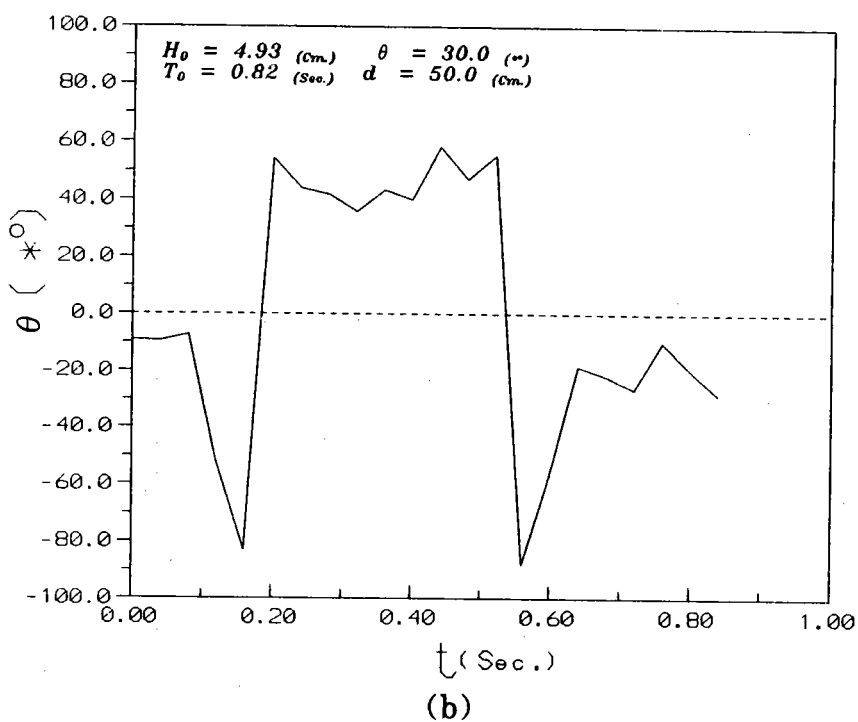
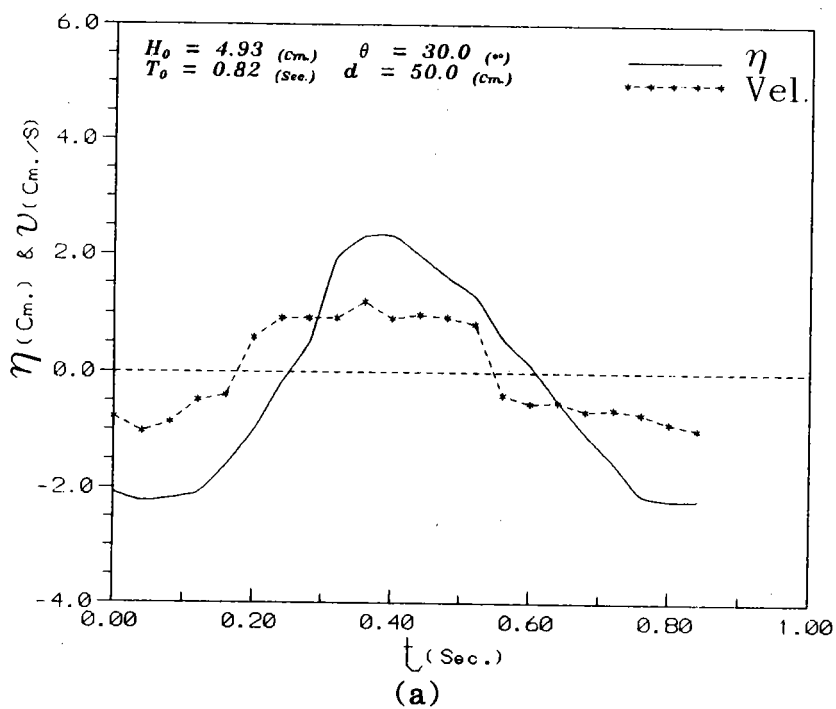


(b)

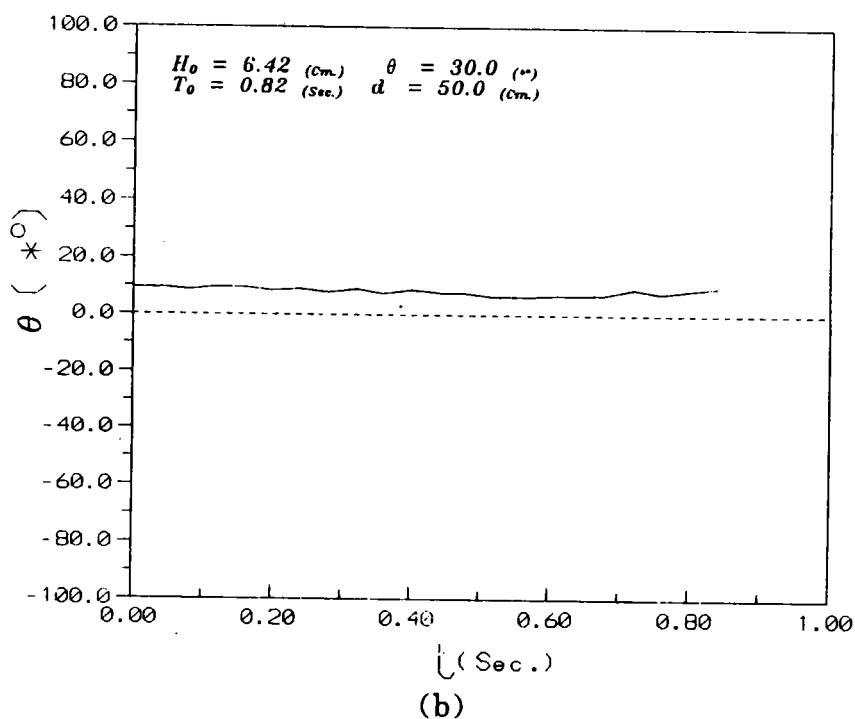
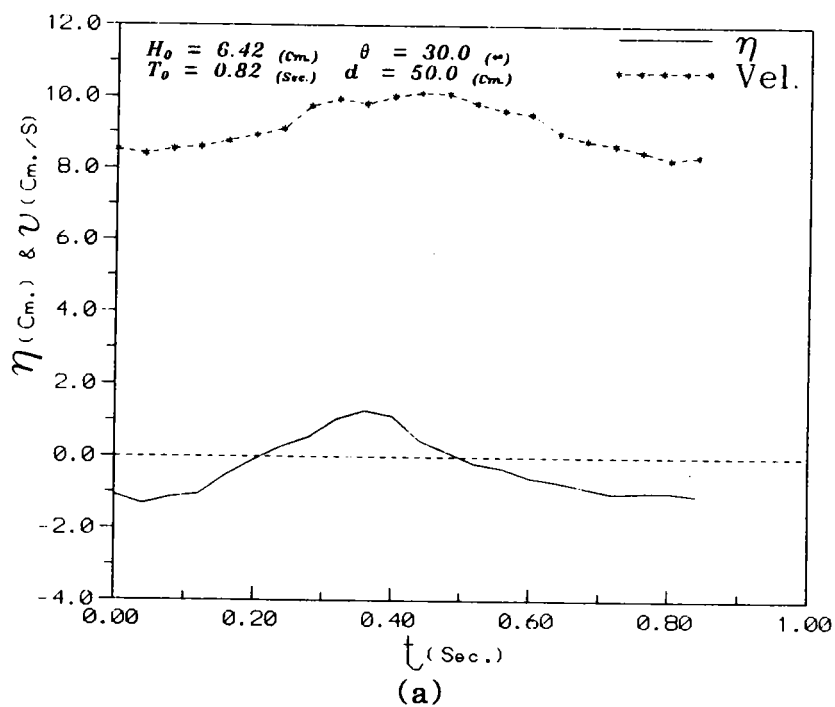
圖五十二、波形比較圖(a)無流(b)波流共存



圖五十三、無因次化波形比較圖(a)無流(b)波流共存



圖五十四、純波實驗流速(a)及流速相位(b)圖



圖五十五、波流交互作用實驗流速(a)及流速相位(b)圖