

85-研(四)-1

新生地開發海堤保護對策最適配置研究

台灣省政府交通處港灣技術研究所

台中 梧棲

中華民國八十五年六月三十日

新生地開發海堤保護對策最適配置研究

執行單位：海岸工程組

計畫主持人：黃清和 研究員兼組長

共同主持人：蔡立宏 助理研究員

協同主持人：蔡金吉 助理

參與人員：徐如娟 助理

楊怡芸 技工

陳進冰 技工

蔡瑞成 技工

何炳紹 技工

李江澤 技工

邱士峰 臨工

卓麗卿 臨工

目 錄

摘 要		I
圖目錄		III
表目錄		VII
第一章	前言.....	1-1
第二章	新生地開發海堤保護對策探討.....	2-1
2-1	人工養灘.....	2-2
2-2	防沙堤.....	2-2
2-3	導流堤.....	2-3
2-4	海岸堤防及護岸.....	2-3
2-5	離岸堤.....	2-4
第三章	台中港區海域自然調查資料及分析.....	3-1
3-1	地理位置.....	3-1
3-2	潮汐.....	3-1
3-3	波浪及週期.....	3-2
3-4	海流.....	3-2
3-5	風向及波向.....	3-3
3-6	海底地形.....	3-3
第四章	試驗設備、模型製作、試驗條件及步驟....	4-1
4-1	試驗設備.....	4-1
4-2	模型製作.....	4-2

4-3	試驗條件.....	4-3
4-3-1	突堤群試驗.....	4-3
4-3-2	離岸潛堤群試驗.....	4-5
4-4	試驗步驟.....	4-6
4-4-1	突堤群試驗.....	4-6
4-4-2	離岸潛堤群試驗.....	4-6
第五章	試驗資料分析結果及討論.....	5-1
5-1	突堤群試驗資料分析結果及討論.....	5-1
5-1-0	前言.....	5-1
5-1-1	波浪尖銳度對突堤群定砂效果差異性比較分析.....	5-3
5-1-2	潮差變化對突堤群定砂效果差異性比較分析	5-5
5-1-3	突堤群長度變化對其定砂效果差異性比較分析.....	5-6
5-1-4	突堤群不同間距比對其定砂效果差異性比較分析.....	5-8
5-2	離岸潛堤群試驗資料分析結果及討論.....	5-22
5-2-0	前言.....	5-22
5-2-1	離岸潛堤群附近地形變化分析.....	5-25
5-2-2	離岸潛堤群斷面水深變化分析.....	5-38
5-2-3	離岸突堤群不同間距比對其定砂效果比較分析.....	5-47
第六章	結論及建議.....	6-1

致 謝		6-3
參考文獻		6-4
附 錄	突堤群試驗CASE(4)～CASE(21)不同位置斷A-1 面水深地形變化歷時圖	

摘 要

本計畫針對回填新生地開發所築海堤，研提突堤群以及離岸潛堤群等兩種最適配置保護對策；兩者方案共進行44個Run次試驗，每個Run次試驗累積造波時間均達10個小時以上；試驗結果顯示突堤群配置在各種不同尖銳度深海波浪作用下，其定砂效果隨著其突堤長度之加長而增大且波浪尖銳度較小者其長度對定砂效果更形顯著；大體而言對各種不同尖銳度波浪試驗，以間距比 $B/L_g = 2$ ，其突堤定砂效果較佳。

至於離岸潛堤群試驗部份，若以其堤後 ± 0 cm灘線成長趨勢以及堤後初期地形之安定性作為評比基準，試驗結果顯示：(1)對無潮差變化試驗情況，以間距比 $G/L_b = 0.75$ 效果較佳；(2)對有潮差變化試驗情況，則以間距比 $G/L_b = 1.25$ 效果較佳。惟就各種不同間距比之離岸潛堤群對其定砂效果比較分析知，不論試驗條件有否考量潮差變化，離岸潛堤群之設置，對其堤後定砂作用均呈正面效應，但仍以間距比 $G/L_b = 0.75$ 時效果較佳，最大淤砂量約可達其堤後通水體積之兩倍。

圖 目 錄

- 圖 3-1 台中港北防波堤至北防沙堤平面圖
- 圖 3-2 台中港風玫瑰(1984-1990)
- 圖 3-3 台中港 1 月份風玫瑰圖
- 圖 3-4 台中港 2 月份風玫瑰圖
- 圖 3-5 台中港 3 月份風玫瑰圖
- 圖 3-6 台中港 4 月份風玫瑰圖
- 圖 3-7 台中港 5 月份風玫瑰圖
- 圖 3-8 台中港 6 月份風玫瑰圖
- 圖 3-9 台中港 7 月份風玫瑰圖
- 圖 3-10 台中港 8 月份風玫瑰圖
- 圖 3-11 台中港 9 月份風玫瑰圖
- 圖 3-12 台中港 10 月份風玫瑰圖
- 圖 3-13 台中港 11 月份風玫瑰圖
- 圖 3-14 台中港 12 月份風玫瑰圖
- 圖 3-15 台中港北防波堤至北防沙堤縱向坡度示意圖
- 圖 4-1(a) 突堤群配置示意圖
- 圖 4-1(b) 離岸潛堤群配置示意圖
- 圖 4-2 試驗底質粒徑分析圖
- 圖 4-3 突堤群平面配置及參數定義示意圖
- 圖 4-4 離岸潛堤群平面配置及參數定義示意圖
- 圖 5-1 CASE(1)與(2)突堤配置及斷面位置示意圖
- 圖 5-2(a) CASE(1)不同累積造波時段斷面變化圖($X=300\text{cm}$; $X=900\text{cm}$)
- 圖 5-2(b) CASE(2)不同累積造波時段斷面變化圖($X=300\text{cm}$; $X=900\text{cm}$)
- 圖 5-2(c) CASE(1)與(2)突堤群定砂效果比較圖
- 圖 5-3(a) CASE(2)~CASE(4)突堤群配置及斷面示意圖

- 圖 5-3(b) CASE(2)突堤群中間斷面水深變化歷時圖(無潮差變化)
- 圖 5-3(c) CASE(3)突堤群中間斷面水深變化歷時圖($\pm 1\text{cm}/26\text{min}$)
- 圖 5-3(d) CASE(4)突堤群中間斷面水深變化歷時圖($\pm 2\text{m}/26\text{min}$)
- 圖 5-4(a) 潮差變化對突堤群定砂效果比較圖
($Y=-100\text{cm} \sim +50\text{cm}$; $B=600\text{cm}$)
- 圖 5-4(b) 潮差變化對突堤群定砂效果比較圖
($Y=-100\text{cm} \sim +100\text{cm}$; $B=600\text{cm}$)
- 圖 5-4(c) 潮差變化對突堤群定砂效果比較圖
($Y=-100\text{cm} \sim +150\text{cm}$; $B=600\text{cm}$)
- 圖 5-5(a) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
($Y=-100\text{cm} \sim +50\text{cm}$; $B=300\text{cm}$)
- 圖 5-5(b) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
($Y=-100\text{cm} \sim +100\text{cm}$; $B=300\text{cm}$)
- 圖 5-5(c) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
($Y=-100\text{cm} \sim +150\text{cm}$; $B=300\text{cm}$)
- 圖 5-6(a) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波期間 $0 \sim 5$ 小時 ; $B/L_s=2$)
- 圖 5-6(b) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波期間 $5 \sim 10$ 小時 ; $B/L_s=2$)
- 圖 5-6(c) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波期間 $0 \sim 10$ 小時 ; $B/L_s=2$)
- 圖 5-7(a) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波時間 $0 \sim 5$ 小時 ; $B/L_s=3$)
- 圖 5-7(b) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波時間 $5 \sim 10$ 小時 ; $B/L_s=3$)
- 圖 5-7(c) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波時間 $0 \sim 10$ 小時 ; $B/L_s=3$)
- 圖 5-8(a) 突堤群長度變化對不同間距比之定砂效果關係圖($H_0/L_0=0.0197$)
- 圖 5-8(b) 突堤群長度變化對不同間距比之定砂效果關係圖($H_0/L_0=0.0258$)

- 圖 5-8(c) 突堤群長度變化對不同間距比之定砂效果關係圖($H_0/L_0=0.0302$)
- 圖 5-9(a) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0197$; 0 ~ 5 小時)
- 圖 5-9(b) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0197$; 5 ~ 10 小時)
- 圖 5-9(c) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0197$; 0 ~ 10 小時)
- 圖 5-10(a) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0258$; 0 ~ 5 小時)
- 圖 5-10(b) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0258$; 5 ~ 10 小時)
- 圖 5-10(c) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0258$; 0 ~ 10 小時)
- 圖 5-11(a) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0302$; 0 ~ 5 小時)
- 圖 5-11(b) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0302$; 5 ~ 10 小時)
- 圖 5-11(c) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
($H_0/L_0=0.0302$; 0 ~ 10 小時)
- 圖 5-12(a) 尖銳度變化對其突堤群定砂效果與間距比關係圖
(累積造波時間 0 ~ 5 小時)
- 圖 5-12(b) 尖銳度變化對其突堤群定砂效果與間距比關係圖
(累積造波時間 5 ~ 10 小時)
- 圖 5-12(c) 尖銳度變化對其突堤群定砂效果與間距比關係圖
(累積造波時間 0 ~ 10 小時)
- 圖 5-13(a) 離岸潛堤群試驗配置圖
- 圖 5-13(b) 離岸潛堤群試驗參數示意圖
- 圖 5-14(a) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

圖 5-14(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_b=0.25$)

圖 5-15(a) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

圖 5-15(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_b=0.50$)

圖 5-16(a) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

圖 5-16(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_b=0.75$)

圖 5-17(a) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

圖 5-17(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_b=1.00$)

圖 5-18(a) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

圖 5-18(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_b=1.25$)

圖 5-19 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(無潛堤、無潮差變化)

圖 5-19(續) 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(無潛堤、無潮差變化)

圖 5-20 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(無潛堤、有潮差變化)

圖 5-20(續) 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(無潛堤、有潮差變化)

圖 5-21 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(有潛堤、無潮差變化)

圖 5-21(續) 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(有潛堤、無潮差變化)

圖 5-22 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(有潛堤、有潮差變化)

圖 5-22(續) 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(有潛堤、有潮差變化)

圖 5-23(a) 不同間距比對離岸潛堤群不同累積造波延時定砂效果關係圖
(無潮差變化)

圖 5-23(a) 不同間距比對離岸潛堤群不同累積造波延時定砂效果關係圖
(有潮差變化)

附錄 A-1 CASE(4)與 CASE(5)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-2 CASE(6)與 CASE(7)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-3 CASE(8)與 CASE(9)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-4 CASE(10)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-5 CASE(11)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-6 CASE(12)與 CASE(13)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-7 CASE(14)與 CASE(15)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-8 CASE(16)與 CASE(17)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-9 CASE(18)與 CASE(19)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-10 CASE(18)與 CASE(19)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

附錄 A-11 CASE(18)與 CASE(19)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖

表 目 錄

表 3-1	台中港月平均示性波高
表 3-2	台中港月平均示性週期
表 4-1	突堤群配置方式
表 4-2	突堤群試驗波浪條件
表 4-3	突堤群試驗條件
表 4-4	離岸潛堤群配置方式
表 4-5	離岸潛堤試驗條件
表 5-1	突堤群試驗資料分析結果摘要表

第一章 前言

海岸漂沙(Sand drift)係指因波浪、潮汐及水流之作用所引起海灘物質移動之現象，不含因風力作用移動之飛沙。往昔防制飛沙及淤沙的方法，不外於淤沙區遍植防風林與逐年浚挖拋棄等等，然由於近來環保意識及注重景觀遊憩觀念，致需改變往昔的整治方式，以求一較式的開發規劃構想。

目前海岸漂沙防治對策分別有所謂之硬體工法(Hard structure)、軟體工法(Soft structure)以及軟硬體結合工法等。硬體工法是傳統的工程師護岸措施，其主要策略是藉硬體結構物擾亂或改變自然的原有海岸動力系統，以達到海岸沙灘的保護目的，這種防治對策對高能量海灘與波浪的突然來襲，確有顯著功效，然除建造費用相當昂貴外，對海岸生態環境以及景觀的影響亦具負面影響；軟體工法則是近代海域環保意識抬頭和審美觀變之雙重衝擊下之產物，其主要精神在於順應自然界的趨勢作設計，以達漂沙防治目的，絕不作頂撞的挑釁考慮，人工養灘法(Beach nourishment)、迂迴排砂法(Sand by-passing)以及人工岬灣法(Headland control)即為其中方法之一；惟軟、硬體工法各有其優點及限制，因此若能結合軟硬工法之優點，使之在海岸漂沙防治及環境品質上兼顧，應是相得益彰，故這種結合工法是在這種規劃理念下的自然產物。

本研究擬就下述編列三年度主題，就規則波(regular wave)以及不規則波(random wave)等試驗波浪條件，有系統地進行一連串物理水工模型試驗工作，除可比較兩者在新生地開發所衍生漂沙防治試驗上之差異外，研究成果並可作為未來港灣構造物設計規範研訂之參考依據。

一、突堤群最適配置研究(86年度)

- (一)突堤最適長度研究
- (二)突堤最適間距研究
- (三)突堤最適排列度角度研究
- (四)規則波以及不規則波試驗結果差異比較研究

二、潛堤最適配置研究(87年度)

- (一)潛堤最適高度研究
- (二)潛堤最適深度研究
- (三)潛堤最適長度研究
- (四)潛堤最適間距研究
- (五)規則波以及不規則波試驗結果差異比較研究

三、最適海岸保全軟硬體結合工法研究(88年度)

- (一)人工養灘法研究
- (二)人工岬灣法研究
- (三)最適軟硬結合法研究
- (四)規則波以及不規則波試驗結果差異比較研究

惟本所固奉上級交通處指示：八十六年度基本研究計畫，其研究期限應以壹年為原則，且探討主題亦應與目前五個國際港相關為宜；故本研究即在此最高原則指導下選定台中港，配合其海象、氣象以及地象等特殊條件所衍生新生地開發海堤保護對策進行一連串相關突堤群(這用於屬侵蝕性海岸)以及離岸潛堤群(這用於屬向一離岸性海岸)等試驗研究，俾研提一種適用於台中港新生地海堤保護對策之最適突堤群以及離岸潛堤群配置，謹將辦理情形說明如后：

第二章 新生地開發海堤保護對策探討

海岸地形乃屬一平衡機構，任何因自然條件的變化或人為的改變皆是破壞平衡的主要原因。漂沙的移動乃是促使海岸再趨平衡的過程，漂砂移動可能使海岸發生侵蝕(erosion)或淤積(accumulation)，而侵蝕或淤積的結果可能影響人類原有生活環境甚至威脅生命安全。因此自20世紀初以來許多專家學者都致力於研究及應用各種對策來防止或減輕侵蝕淤積的現象，其方法已如前述大致有下列數種：

- ◎人工養灘(artificial beach nourishment)
- ◎防沙突堤(groin)
- ◎導流堤(jetties)
- ◎海岸堤防(seawall)與護堤(revetment)
- ◎離岸堤(offshore breakwater)

在考慮應用方法之前，應先就支配漂沙移動之因素詳加研究，其內容應包括：

- (1)海岸一般狀況
- (2)現有海岸侵蝕或堆積進行之程度範圍
- (3)漂沙來源及特性
- (4)漂沙方向及數量
- (5)源沙之主要原因及其外力，然後確定具體之防止方針
- (6)施工期間對自然環境影響

由於漂沙問題複雜，施工過程中其結果未必如預測一般，故施工應採監測方式，一邊施工，一邊觀測與檢討，並適當的修改原計畫設計，以求其結果能更加符合實際需要，茲將以上保護方法說明如下：

2-1 人工養灘

人工養灘乃是防止海岸侵蝕之優先考慮及最佳之方法，其方法為利用船隻、車輛或幫浦等人為方法，並盡可能利用自然力如風力、波浪、水流等造成海灘或維護現有海灘，而海灘乃是天然最佳消波體，故一旦消波海灘形成則必能使侵蝕狀態改善，進而使地形變化減至最小，若再輔以突堤工程則更具成效。採用人工養灘時必須了解漂沙方向、補給土沙量及性質、海灘平台高度及寬度、安定海灘比降及土沙補給場所等。由於補砂可能流失，故其粒徑應較大些，其補沙量應大於沙灘增加量。

2-2 防沙堤

防沙堤主要是補捉沿岸漂沙(longshore drift)，而使海岸免於侵蝕或淤積，其為突出海岸線的細長結構物，故又稱突堤。防沙堤僅能用於攔截沿岸漂沙，而無法阻擋向離岸漂沙(on-offshore drift)，因此在波浪垂直入射時防沙堤無保護海岸之成效，在波浪斜向入射作用下，防沙堤之漂沙上游區可能逐漸形成三角狀之淤沙，而下游海岸則因沙源被阻斷，通常會發生侵蝕狀況。故其淨漂沙量依卓越入射角而定，沿岸漂沙量則視波浪入射角與灘線(shore line)而定，淤積前灘之砂粒修正海灘形狀，使灘線漸趨與波向垂直，當灘線調整至與入射角垂直時沿岸漂沙即停止。相關案例如國內高雄港海側離岸沙洲之保護工程，採用突堤配合海堤達到保護海岸之效果較具代表性。

2-3 導流堤

導流堤為垂直於海岸伸入海中，用以引導及限制河流及潮流於一定之渠道中，並防止或減少淤塞渠道或河口之結構物。導流堤設置於灣內或河口，則可保護航道入口免受巨浪及水流之干擾，設置於沙洲海灘之潮口則可兼發揮安定潮口之功用。

河口上游攜帶之泥沙流到河口附近時，由於河口斷面放寬流速減低致泥沙沉澱。如波浪能量勝過河川水流之能量，則海岸漂沙侵入河口堆積，反之則在海中形成沙堆。其中由於漂沙而淤塞之實例最為常見，大河川一般流量較大，其能量足可抵禦波浪能量攜帶漂沙侵入，中小型河口則流量較少不足克服波浪，因此河口易於封閉。如河川流量充沛則可以導流堤束水攻沙將河口之堆砂沖散。反之，流量少則不足沖刷砂堆不能發揮導流作用，必需於河口漂砂上游面之海岸伸出防沙堤防止漂砂移動使河口不致淤塞。由於河口突堤兼有導流及防沙作用，規劃時二者之特性均應兼顧。

導流堤基部通常起自溯升到達之極限點，延伸航道計畫水深或漂砂帶外緣(即第一次碎波帶外緣)。堤端延伸愈深愈能阻止漂沙，但因工程費用及施工上之限制不得予以縮短，但最短不能淺於最後碎波帶外緣之水深。方向稍向卓越波向偏向下游如同防沙堤，則波浪不致侵入航道同時防沙效果亦佳。

2-4 海岸堤防與護岸

海岸堤防與護岸乃平行或近似平行灘線，分隔海水與陸地之構造物，兩者基本上為同一體系，相輔相成，主要作用在避免灘區受波浪直接衝擊侵蝕及保護陸上的生命財產；其亦可設置於後灘區，

祇備承受異常波浪的作用。由於堤防的設置形成部分反射波及堤面回流流速加強，易於堤址發生沖刷現象，嚴重者進而影響海堤安全。沖刷深度與波浪條件(波高、週期、底床坡度、水深及入射角等)、堤防表面及護岸有關，反射率愈大則沖刷愈勵害，故擬設置海堤與護岸之初，應研防反效果的發生。

2-5 離岸堤

離岸堤乃是建造於海中，平行於海岸線的海中結構物，由於堤內波浪能量的削弱，故易於堤後產生積砂，進而保護受侵蝕而後退的海岸，發揮海岸安定作用。離岸堤通常以拋石或混凝土塊堆積而成，而且以堤群存在，水深通常在-3m至-5m為經濟可行，若離岸堤沈浸於水中，則成為潛堤式。離岸堤雖具成效，然堤群最下游側易發生侵蝕，而另一隱憂，則為堤前遭受短峰波的作用，常使堤前的海底斷面變深變陡及蝕溝的形成，當颱風來襲時，大波浪常使堤體混凝土塊散亂破壞，導致堤體崩陷，相關案例如國內花蓮港港口南側海濱的離岸堤群配置，雖達到保護海堤效果，但卻由於多次颱風侵襲，使堤體打散並發生沈陷現象。

第三章 台中港區海域自然調查資料及分析

台中港北防波堤至大甲溪口如圖3-1所示，多年來一直存在漂砂問題，砂為珍貴之天然資源，如何應用有效資源來開發新生地以達到漂砂防治的目的亦乃本文研究之課題。然欲達成以上目的，首先必須針對引起漂砂之原因加以探討進而研擬適當對策。而探討原因之前必須對影響漂沙現象的自然環境有充份的瞭解。自然環境資料如：研究地點之地形、潮汐、波浪、流、風速等，茲將本研究有關之自然環境調查資料概述如下——

3-1 地理位置

台中港位於台灣西海岸中部，海岸線平直，北有大甲溪及大安溪，南有大肚溪，而在北防波堤以北至大甲溪以南多年來一直有漂沙問題困擾台中港，此區域乃本研究之重點位置。

3-2 潮汐

台中地區之天文潮現象與一般西海岸相似，每日有高低潮各兩次，以80年1月至82年12月之資料分析，其各種潮位基準如下：

最高高潮位(H.H.W.L)= 5.47m(81.9.28)

平均高潮位(M.H.W.L)= 4.42m

平均潮位(M.W.L) = 2.61m

平均低潮位(M.L.W.L)= 0.79m

最低低潮位(L.L.W.L)=-0.58m(81.1.21)

平均潮差(M.D.R) = 3.54m

3-3 波浪及週期

台中港各月份各觀測時的平均示性波高及週期如表3-1及表3-2)，其觀測時間為民國60年7月至民國66年12月，以及民國78年8月至12月。表中顯示，示性波高大於1.6公尺的月份為10、11、12及1月，屬冬季東北季風時期，其平均示性波高為1.7公尺，平均示性週期為6.3秒；示性波高小於0.7公尺的月為5、6、7及8月，屬夏季西南季風時期，其平均示性波高為0.6公尺，平均示性週期為5.2秒。

3-4 海流

碎波帶內為漂沙最活躍的地區，而碎波帶內的海流主要為沿岸流，當高潮位時(碎波線往海岸方向移動)沿岸流影響區域亦往海岸方向退縮，當低潮位時(碎波線往外海方向移動)沿岸流影響區域亦往外海擴伸。此種沿岸流影響區域由於高、低潮位改變而產生向、離岸(on-offshore)方向變化的問題，在台中港具大潮差及平緩沙岸的情況下是不可忽視的，尤其是探討本區的海岸漂沙問題。

當沿岸流在受到與海岸近似垂直的人工結構物(如防波堤、突堤等)阻擋時，會產生強制裂流(此與一般由於波浪碎波帶內碎波所造成水量推積而向外海流出的自然裂流不同)。此情況在台中港北防波堤堤頭常發生，根據以往的觀測資料，曾測得3節的流速，而當東北季風強勁時，在堤頭100公尺內推算其流速可能發生4節以上。由於堤端附近強勁的裂流流速會造成堤端附近的環流現象，此可能為台中港北防波堤堤頭附近海床發生凹洞的原因。目前北防波堤已延伸850公尺，新堤頭附近的海床目前為平坦，至於將來是否會發生凹洞，而危及新堤頭的安全則有待進一步觀察。

3-5 風向及波向

圖3-2表示本區民國73年至民國79年之風玫瑰圖，圖3-3至圖3-14為月份之風玫瑰圖，由圖中得知強勢風向為冬季季節風(12月~4月)。風的平均風向為北方偏東 6.5° 。由本計畫第一年報告得知波向與風向之關係，其平均波向為西北偏北 4.5° 。

3-6 海底地形

本區域屬平均之濱海沖積平原，屬幼年期海岸平原，地勢低平，沿岸平原屬全新世現代沖積層，其來源為鄰近地區各河川所帶下之岩屑及潮流季風自鄰近海岸帶來之漂沙，茲取台中港民國62年至81年歷年水深資料瞭解北側淤沙區海底地形，其分析海床坡度為

0m~-5m 之底床平均坡度為0.0036

-5m~-10m之底床平均坡度為0.0274

-10m~-15m之底床平均坡度為0.0561

-15m~-20m之底床平均坡度為0.0571，如圖3-15所示。

表 3-1 台中港月平均示性波高(單位：公尺)

觀測月 觀測時	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	平均值
02	1.65	1.50	1.15	0.81	0.67	0.61	0.55	0.66	1.00	1.60	1.86	1.70	1.15
04	1.70	1.49	1.13	0.78	0.66	0.61	0.55	0.67	1.01	1.60	1.87	1.73	1.16
06	1.69	1.53	1.13	0.79	0.65	0.61	0.56	0.67	1.00	1.60	1.87	1.69	1.15
08	1.74	1.51	1.17	0.79	0.65	0.60	0.56	0.66	1.00	1.63	1.87	1.71	1.16
10	1.73	1.52	1.21	0.82	0.67	0.57	0.56	0.68	1.00	1.61	1.90	1.68	1.16
12	1.65	1.51	1.22	0.82	0.69	0.56	0.56	0.69	1.02	1.65	1.90	1.68	1.16
14	1.63	1.48	1.19	0.84	0.70	0.57	0.57	0.68	1.02	1.65	1.87	1.69	1.16
16	1.67	1.52	1.17	0.86	0.71	0.59	0.54	0.67	1.02	1.67	1.86	1.68	1.16
18	1.67	1.49	1.17	0.86	0.71	0.59	0.55	0.66	0.99	1.63	1.84	1.72	1.16
20	1.69	1.51	1.16	0.85	0.72	0.59	0.54	0.66	0.99	1.61	1.83	1.72	1.16
22	1.68	1.52	1.15	0.82	0.72	0.59	0.56	0.67	1.00	1.57	1.81	1.69	1.15
24	1.67	1.53	1.17	0.81	0.69	0.59	0.57	0.66	1.01	1.58	1.82	1.65	1.15
平均值	1.68	1.51	1.17	0.82	0.69	0.59	0.56	0.67	1.00	1.62	1.86	1.69	1.16
資料個數	1259	1325	1855	1576	1325	1084	1414	1990	2083	2067	1423	1197	18598

表 3-2 台中港月平均示性週期(單位：秒)

觀測月 觀測時	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	平均值
02	5.99	5.92	5.59	5.22	5.24	4.84	5.05	5.43	5.65	6.19	6.36	6.34	5.65
04	5.97	5.93	5.57	5.20	5.25	4.86	5.06	5.52	5.65	6.11	6.45	6.45	5.67
06	6.05	6.00	5.53	5.20	5.22	4.98	4.92	5.52	5.68	6.09	6.49	6.31	5.67
08	6.12	5.98	5.51	5.28	5.24	5.03	4.93	5.58	5.71	6.12	6.47	6.35	5.69
10	6.13	5.96	5.61	5.25	5.26	5.02	4.89	5.44	5.67	6.11	6.55	6.41	5.69
12	6.10	5.92	5.58	5.24	5.29	5.02	4.86	5.46	5.74	6.17	6.54	6.30	5.69
14	6.13	5.92	5.56	5.30	5.16	5.02	4.89	5.52	5.69	6.22	6.45	6.39	5.69
16	6.10	5.98	5.52	5.34	5.14	4.94	4.88	5.60	5.63	6.25	6.45	6.56	5.70
18	6.04	5.94	5.59	5.34	5.15	4.92	4.96	5.56	5.63	6.20	6.49	6.39	5.68
20	6.01	5.95	5.69	5.24	5.27	4.83	4.94	5.66	5.60	6.18	6.50	6.40	5.59
22	6.00	5.88	5.68	5.19	5.26	4.86	5.02	5.63	5.55	6.19	6.49	6.37	5.68
24	6.07	5.94	5.65	5.16	5.22	4.85	5.07	5.55	5.65	6.21	6.44	6.45	5.69
平均值	6.06	5.94	5.59	5.25	5.22	4.93	4.96	5.54	5.65	6.17	6.47	6.39	5.68
資料個數	1259	1325	1855	1576	1325	1084	1414	1990	2083	2067	1423	1197	18598

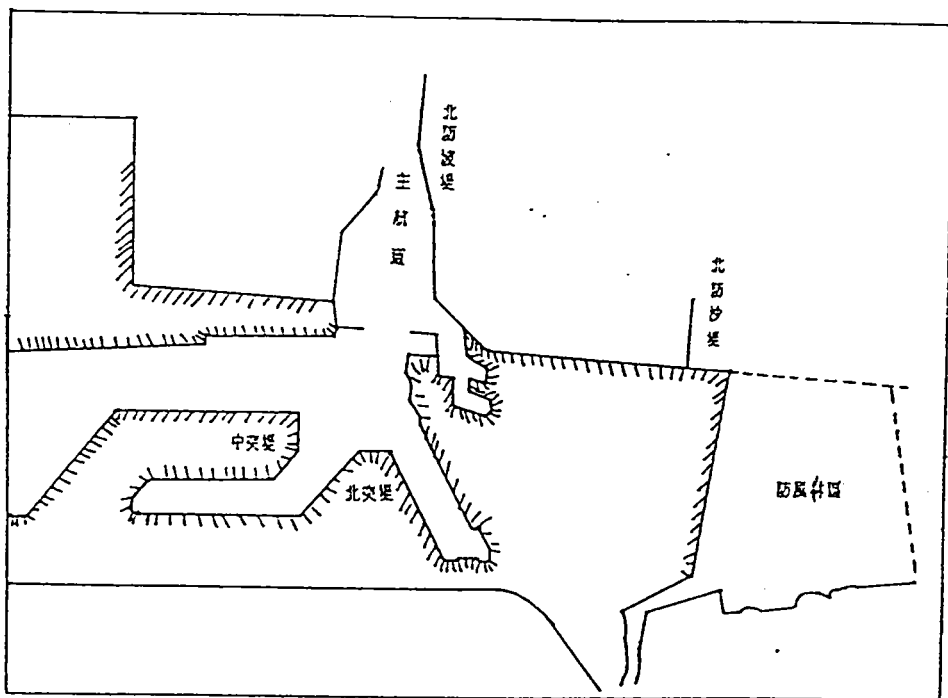


圖 3-1 台中港北防波堤至北防砂堤平面圖

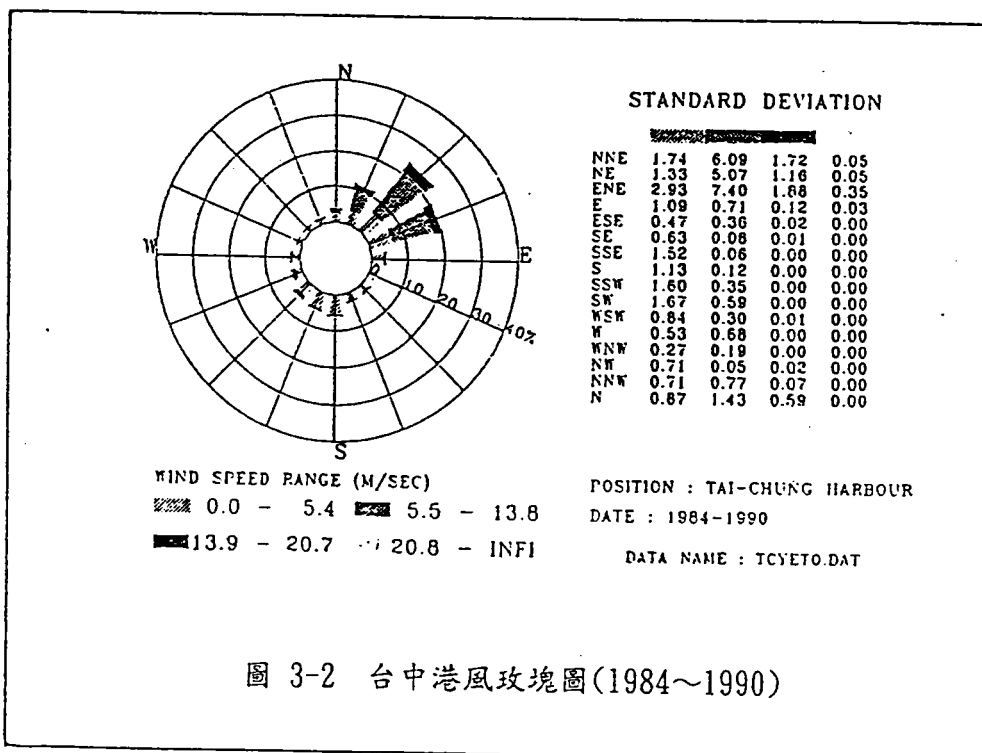
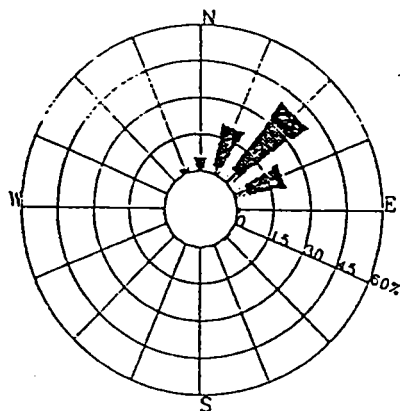


圖 3-2 台中港風玫瑰圖(1984~1990)



WIND SPEED RANGE (M/SEC)
 0.0 - 5.4 5.5 - 13.8
 13.9 - 20.7 20.8 - INFI

STANDARD DEVIATION

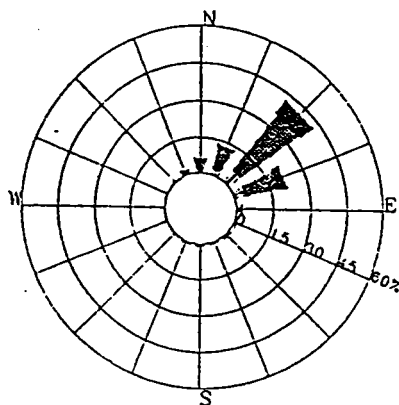
NNE	2.33	14.08	8.04	0.31
NE	4.82	19.88	7.80	0.00
ENE	5.01	18.52	4.63	0.00
E	1.24	0.13	0.00	0.00
ESE	0.60	0.00	0.00	0.00
SE	1.11	0.00	0.00	0.00
SSE	0.49	0.00	0.00	0.00
S	0.60	0.05	0.00	0.00
SSW	0.55	0.00	0.00	0.00
SW	0.73	0.00	0.00	0.00
WSW	0.23	0.05	0.00	0.00
W	0.36	0.11	0.00	0.00
WNW	0.20	0.00	0.00	0.00
NW	0.34	0.15	0.00	0.00
NNW	0.58	4.23	0.51	0.00
N	1.11	7.05	1.83	0.00

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR

DATE : 01

DATA NAME : TC01TO.DAT

圖 3-3 台中港1月份風玫瑰圖



WIND SPEED RANGE (M/SEC)
 0.0 - 5.4 5.5 - 13.8
 13.9 - 20.7 20.8 - INFI

STANDARD DEVIATION

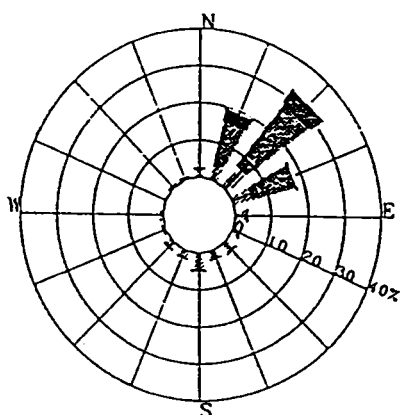
NNE	2.82	10.97	2.27	0.00
NE	4.29	16.74	5.67	0.00
ENE	4.12	15.23	5.36	0.36
E	2.57	2.84	0.00	0.00
ESE	0.98	0.75	0.00	0.00
SE	0.70	0.28	0.00	0.00
SSE	0.39	0.28	0.00	0.00
S	0.60	0.06	0.00	0.00
SSW	0.52	0.56	0.00	0.00
SW	0.42	0.17	0.00	0.00
WSW	0.28	0.06	0.00	0.00
W	0.40	0.06	0.00	0.00
WNW	0.34	0.11	0.00	0.00
NW	0.57	0.00	0.00	0.00
NNW	0.42	4.97	0.28	0.00
N	1.12	7.50	5.07	0.00

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR

DATE : 02

DATA NAME : TC02TO.DAT

圖 3-4 台中港2月份風玫瑰圖



STANDARD DEVIATION

	3.12	15.65	9.47	0.00
NNE	3.12	15.65	9.47	0.00
NE	4.38	12.23	3.50	0.00
ENE	2.75	15.17	1.73	0.00
E	3.72	1.58	0.00	0.00
ESE	3.78	1.04	0.00	0.00
SE	4.48	0.82	0.00	0.00
SSE	2.45	0.14	0.00	0.00
S	5.89	0.26	0.00	0.00
SSW	1.09	0.19	0.00	0.00
SW	1.39	0.63	0.00	0.00
WSW	0.38	0.62	0.00	0.00
W	0.72	0.25	0.00	0.00
WNW	0.42	0.00	0.00	0.00
NW	0.87	0.00	0.00	0.00
NNW	0.69	0.12	0.00	0.00
N	1.56	0.73	0.05	0.00

WIND SPEED RANGE (M/SEC)

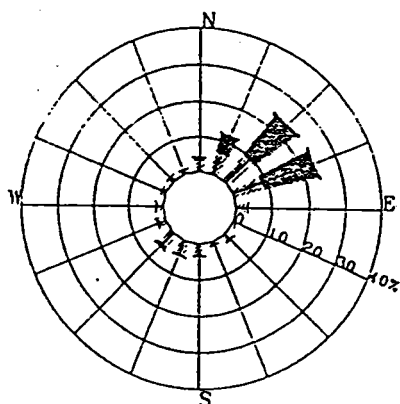
0.0 - 5.4 5.5 - 13.8
13.9 - 20.7 20.8 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR

DATE : 03

DATA NAME : TC03TO.DAT

圖 3-5 台中港3月份風玫瑰圖



STANDARD DEVIATION

	6.85	8.92	0.34	0.00
NNE	6.85	8.92	0.34	0.00
NE	3.57	7.71	0.29	0.00
ENE	1.00	11.79	1.46	0.00
E	1.81	0.27	0.00	0.00
ESE	0.32	0.00	0.00	0.00
SE	1.44	0.28	0.00	0.00
SSE	0.81	0.21	0.00	0.00
S	2.22	0.17	0.00	0.00
SSW	2.15	0.38	0.00	0.00
SW	2.88	1.17	0.00	0.00
WSW	1.09	1.05	0.00	0.00
W	1.04	1.07	0.00	0.00
WNW	0.72	0.16	0.00	0.00
NW	0.59	0.13	0.06	0.00
NNW	1.70	0.44	0.00	0.00
N	2.71	2.05	0.00	0.00

WIND SPEED RANGE (M/SEC)

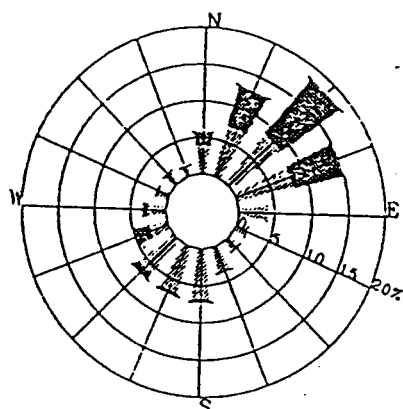
0.0 - 5.4 5.5 - 13.8
13.9 - 20.7 20.8 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR

DATE : 04

DATA NAME : TC04TO.DAT

圖 3-6 台中港4月份風玫瑰圖



WIND SPEED RANGE (M/SEC)
 0.0 - 5.4 5.5 - 13.8
 13.9 - 20.7 20.8 - INFI

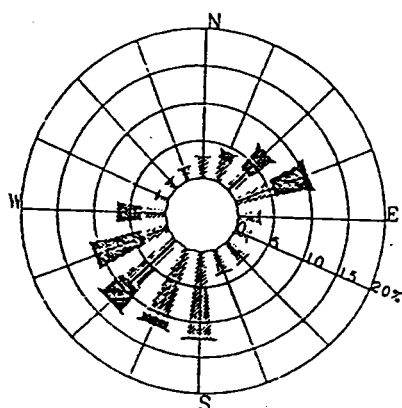
STANDARD DEVIATION

NNE	3.52	5.57	0.00	0.00
NE	2.89	6.39	0.46	0.05
ENE	5.43	6.83	0.10	0.00
E	1.09	0.31	0.00	0.00
ESE	0.98	0.00	0.00	0.00
SE	0.62	0.11	0.00	0.00
SSE	3.41	0.42	0.00	0.00
S	4.81	0.60	0.00	0.00
SSW	3.67	0.61	0.00	0.00
SW	3.00	1.04	0.00	0.00
WSW	1.24	1.52	0.00	0.00
W	1.02	0.99	0.00	0.00
WNW	1.07	0.27	0.00	0.00
NW	1.21	0.07	0.00	0.00
NNW	1.12	0.20	0.00	0.00
N	2.18	3.53	0.00	0.00

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR
 DATE : 05

DATA NAME : TC05TO.DAT

圖 3-7 台中港5月份風玫瑰圖



WIND SPEED RANGE (M/SEC)
 0.0 - 5.4 5.5 - 13.8
 13.9 - 20.7 20.8 - INFI

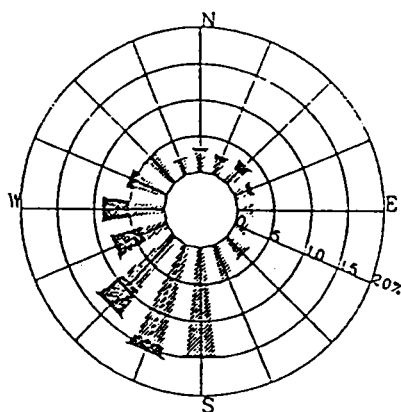
STANDARD DEVIATION

NNE	1.25	1.03	0.00	0.00
NE	2.32	3.79	0.37	0.00
ENE	4.45	6.14	2.21	0.00
E	0.91	0.41	0.12	0.00
ESE	1.17	0.00	0.00	0.00
SE	2.19	0.00	0.00	0.00
SSE	1.95	0.05	0.00	0.00
S	9.11	0.50	0.60	0.00
SSW	1.69	1.82	0.00	0.00
SW	4.47	1.54	0.00	0.00
WSW	3.10	2.58	0.05	0.00
W	2.19	4.34	0.05	0.00
WNW	1.51	0.31	0.05	0.00
NW	1.21	0.11	0.00	0.00
NNW	0.80	0.11	0.00	0.00
N	1.06	0.05	0.00	0.00

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR
 DATE : 06

DATA NAME : TC06TO.DAT

圖 3-8 台中港6月份風玫瑰圖



WIND SPEED RANGE (M/SEC)

0.0 - 5.4 5.5 - 13.8

13.9 - 20.7 20.8 - INFI

STANDARD DEVIATION

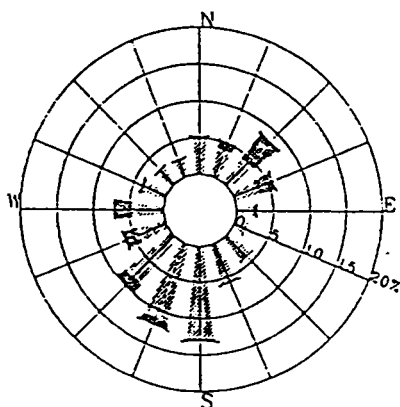
NNE	1.27	0.57	0.00	0.00
NE	1.52	1.74	0.13	0.00
ENE	1.16	0.94	0.06	0.00
E	1.03	0.06	0.00	0.00
ESE	0.85	0.00	0.00	0.00
SE	1.49	0.08	0.00	0.00
SSE	5.42	0.05	0.00	0.00
S	4.24	0.43	0.00	0.00
SSW	4.71	2.32	0.00	0.00
SW	4.14	4.17	0.05	0.00
WSW	2.38	3.82	0.00	0.00
W	1.62	2.96	0.00	0.00
WNW	2.34	1.58	0.00	0.00
NW	4.20	0.49	0.00	0.00
NNW	0.75	0.08	0.00	0.00
N	1.02	0.23	0.00	0.00

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR

DATE : 07

DATA NAME : TC07T0.DAT

圖 3-9 台中港7月份風玫瑰圖



WIND SPEED RANGE (M/SEC)

0.0 - 5.4 5.5 - 13.8

13.9 - 20.7 20.8 - INFI

STANDARD DEVIATION

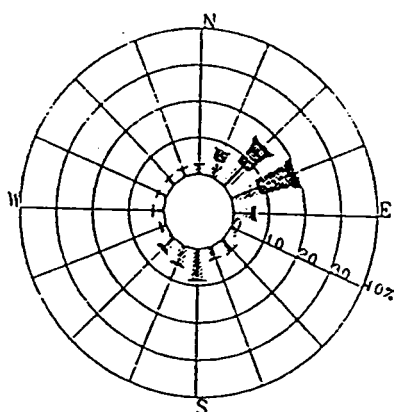
NNE	1.25	1.53	0.06	0.00
NE	2.01	4.11	0.79	0.06
ENE	2.42	4.37	0.56	0.13
E	1.17	0.74	0.13	0.00
ESE	0.95	0.18	0.00	0.00
SE	2.94	0.07	0.00	0.00
SSE	5.39	0.18	0.00	0.00
S	5.57	0.57	0.00	0.00
SSW	7.01	1.20	0.00	0.00
SW	4.83	1.41	0.00	0.00
WSW	3.33	2.19	0.06	0.00
W	3.35	3.86	0.00	0.00
WNW	0.94	0.33	0.00	0.00
NW	1.35	0.23	0.00	0.00
NNW	1.37	0.12	0.06	0.00
N	1.03	0.64	0.13	0.00

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR

DATE : 08

DATA NAME : TC08T0.DAT

圖 3-10 台中港8月份風玫瑰圖



WIND SPEED RANGE (M/SEC)
 0.0 - 5.4 5.5 - 13.8
 13.9 - 20.7 20.8 - INFI

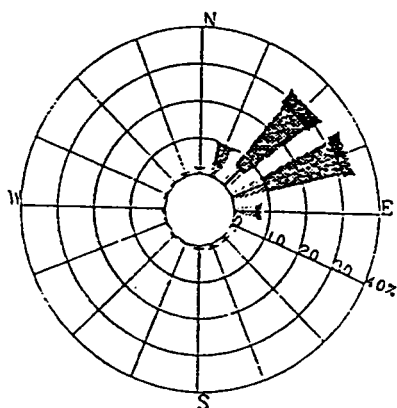
STANDARD DEVIATION

NNE	2.95	4.53	0.49	0.28
NE	4.50	4.48	3.07	0.52
ENE	3.21	12.82	2.99	2.56
E	1.18	2.82	0.14	0.14
ESE	1.40	0.06	0.00	0.00
SE	2.41	0.07	0.07	0.00
SSE	2.39	0.21	0.00	0.00
S	5.95	0.27	0.00	0.00
SSW	2.60	0.59	0.00	0.00
SW	1.67	1.66	0.00	0.00
WSW	0.94	0.93	0.06	0.00
W	1.77	0.66	0.00	0.00
WNW	1.37	0.35	0.00	0.00
NW	1.67	0.14	0.21	0.00
NNW	3.23	0.13	0.07	0.00
N	1.62	0.28	0.21	0.00

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR
 DATE : 09

DATA NAME : TC09TO.DAT

圖 3-11 台中港9月份風玫瑰圖



WIND SPEED RANGE (M/SEC)
 0.0 - 5.4 5.5 - 13.8
 13.9 - 20.7 20.8 - INFI

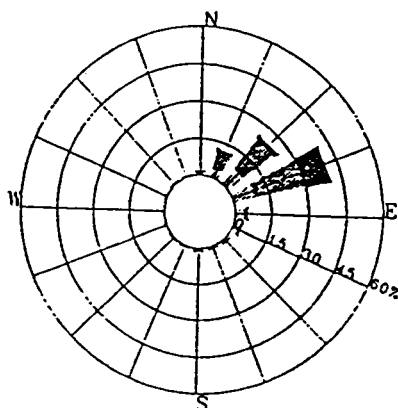
STANDARD DEVIATION

NNE	3.31	8.98	2.75	0.17
NE	4.58	12.35	5.30	0.16
ENE	5.98	17.98	3.29	1.72
E	3.54	1.88	1.28	0.00
ESE	0.77	0.08	0.00	0.00
SE	0.87	0.00	0.00	0.00
SSE	0.97	0.00	0.00	0.00
S	0.62	0.06	0.00	0.00
SSW	0.50	0.00	0.00	0.00
SW	0.64	0.00	0.00	0.00
WSW	0.40	0.00	0.00	0.00
W	0.85	0.00	0.00	0.00
WNW	0.86	0.00	0.00	0.00
NW	0.58	0.08	0.00	0.00
NNW	1.35	0.08	0.28	0.00
N	1.74	0.21	0.11	0.00

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR
 DATE : 10

DATA NAME : TC10TO.DAT

圖 3-12 台中港10月份風玫瑰圖



STANDARD DEVIATION

NNE	2.91	12.80	3.49	0.00
NE	9.97	11.69	2.44	0.00
ENE	7.15	17.85	11.73	1.81
E	2.06	2.17	0.23	0.40
ESE	2.46	4.21	0.29	0.06
SE	1.16	0.00	0.00	0.00
SSE	0.95	0.00	0.00	0.00
S	1.19	0.06	0.00	0.00
SSW	0.60	0.00	0.00	0.00
SW	0.47	0.00	0.00	0.00
WSW	0.35	0.00	0.00	0.00
W	0.88	0.00	0.00	0.00
WNW	0.37	0.00	0.00	0.00
NW	1.10	0.06	0.00	0.00
NNW	0.43	0.00	0.00	0.00
N	0.80	0.52	0.00	0.00

WIND SPEED RANGE (M/SEC)

0.0 - 5.4 5.5 - 13.8

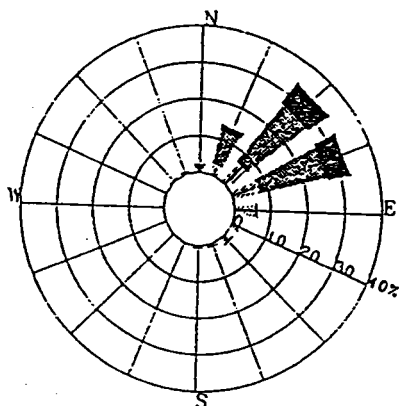
13.9 - 20.7 20.8 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR

DATE : 11

DATA NAME : TC11TO.DAT

圖 3-13 台中港10月份風玫瑰圖



STANDARD DEVIATION

NNE	3.28	16.58	4.16	0.00
NE	2.05	15.80	7.84	0.15
ENE	4.64	16.61	8.81	0.17
E	5.68	1.30	0.00	0.00
ESE	2.21	0.00	0.00	0.00
SE	2.08	0.00	0.00	0.00
SSE	0.75	0.00	0.00	0.00
S	0.75	0.00	0.00	0.00
SSW	0.29	0.00	0.00	0.00
SW	0.19	0.00	0.00	0.00
WSW	0.22	0.00	0.00	0.00
W	0.49	0.00	0.00	0.00
WNW	0.29	0.17	0.00	0.00
NW	0.52	0.09	0.00	0.00
NNW	0.40	0.06	0.00	0.00
N	0.68	2.59	0.11	0.00

WIND SPEED RANGE (M/SEC)

0.0 - 5.4 5.5 - 13.8

13.9 - 20.7 20.8 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG HARBOUR

DATE : 12

DATA NAME : TC12TO.DAT

圖 3-14 台中港12月份風玫瑰圖

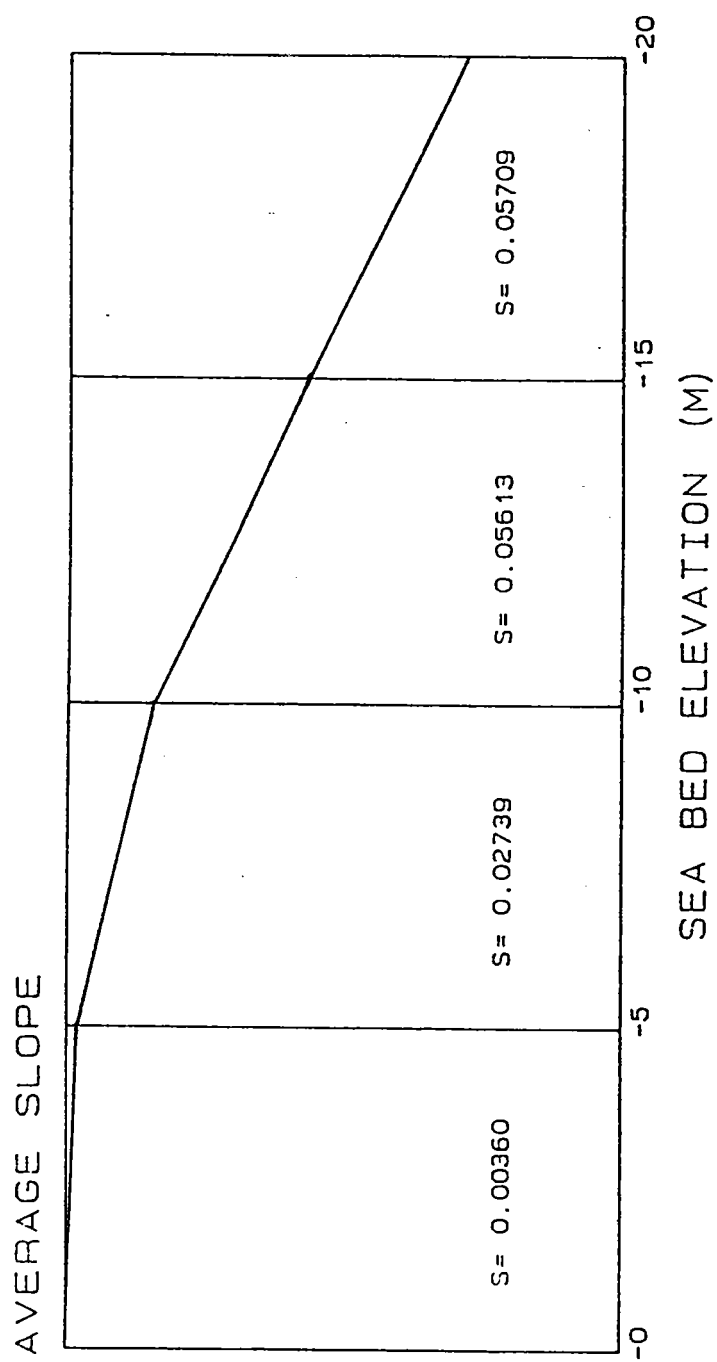


圖 3-15 台中港北防波堤至北防沙堤縱向坡度示意圖

第四章 試驗設備、模型製作、試驗條件及步驟

4-1 試驗設備

本試驗在本所第一試驗場棚辦理，場棚為一鋼管建築，長60公尺，寬45公尺，內部主要設備有：

4-1-1 試驗水池

試驗水池長50公尺，寬40公尺，深1公尺，附屬設備有蓄水池、環流系統、潮汐自動控制儀及導波板等。

4-1-2 規則造波機

規則造波機係由2部長10公尺之自走式造波機所組成，可同步運作，並依據輸入波浪特性模擬規則試驗波浪。

4-1-3 測定儀器

(a)容量型波高計：為試驗用波浪測定儀器，係將水面起伏變化，先經一對白金電容線感應器轉變為電阻變化，藉惠氏登電橋換成電流，再經增幅器予以放大後變成電壓，經由電腦類比數據轉換器獲得波浪資料。突堤試驗所用波高計數量為5支，第1、2支放置造波機前3公尺測深水波高，第3支放置碎波位置，量測碎波波高，第4支及第5支放置堤頭附近，量測入射波波高，潛堤試驗所用波高計為5支，放置造波機前3公尺測深水波高。

(b)水準儀：測量漂沙地形變化高程，採用網格法以計算模型漂沙堆積或冲刷量。

4-2 模型製作

4-2-1 製作範圍：

模型製作範圍視突堤群以及離岸潛堤群的配置而定，大致可配置3~6座突堤及5種不同開口配置之離岸潛堤。實驗場範圍約30公尺(海岸長)×20公尺(斜坡底床長)，圖4-1(a)與(b)分別為突堤群與離岸潛堤群各種配置試驗圖。

4-2-2 製作方法：

本試驗模型以50cm(突堤群)及40cm(潛堤群)為一單位分割而成方格點，並於方格點上固定不銹鋼條一支，以作為地形及高程製作的依據。突堤與離岸潛堤均以不銹鋼沈箱方式製成，為一不透水堤。模型經方格點高程控制鋪設完成後，進水達試驗高水位後，再依次放水至各種等深線高程，依照所製作模型沿等水深線鋪放白色綿線，根據地形圖校核模型上等水深線，如有誤差則修正模型地形，使二者一致。本試驗所用之底質海沙為取自台中港現場之海沙，其比重 $S=2.69$ ，中值粒徑 $D_{50}=0.29\text{mm}$ ，其粒徑分佈曲線如圖4-2所示。

4-3 試驗條件

4-3-1 突堤群試驗

配置方式如表4-1所示：

表 4-1 配置方式

波向(θ)	45°
底床坡度(S)	1/30
深水水位(d)	46.5cm
潮位變化	$\pm 0\text{cm}/26\text{min}$ ， $\pm 1\text{cm}/26\text{min}$ ， $\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
突堤堤長(L_s)	50cm，100cm，150cm
堤間隔(B)	0， $2L_s$ ， $3L_s$ ， $4L_s$

其平面配置圖如圖4-3所示。而試驗的波浪條件則如表4-2中所示。

表 4-2 波浪條件

H (cm)	T (sec)	d (cm)	L_0 (cm)	d/ L_0	d/L	L (cm)	H/ H_0	H_0 (cm)	H/L	H_0/L_0
7.88	2	46.5	624	0.0745	0.1181	394	0.9632	8.18	0.020	0.0131
11.82	2	46.5	624	0.0745	0.1181	394	0.9632	12.27	0.030	0.0197
8.28	1.5	46.5	351	0.1325	0.1686	276	0.9161	9.04	0.030	0.0258
4.47	1.0	46.5	156	0.2981	0.3103	150	0.9483	4.71	0.030	0.0302

本突堤群試驗由各種不同突堤群配置配合不同波浪條件，其進行24種不同條件試驗其試驗條件如表4-3所示：

表4-3 突堤群試驗條件

CASE	波高(H)cm	週期(T)sec	堤長(L _e)cm	堤間隔(B)cm	潮位變化
1	7.88	2	150	600(4L _e)	0
2	11.82	2	150	600(4L _e)	0
3	11.82	2	150	600(4L _e)	±1cm/26min
4	11.82	2	150	600(4L _e)	±2cm/26min
5			150	450(3L _e)	±2cm/26min
6			150	300(3L _e)	±2cm/26min
7			100	300(3L _e)	±2cm/26min
8			100	200(2L _e)	±2cm/26min
9			50	300(6L _e)	±2cm/26min
10			50	150(3L _e)	±2cm/26min
11			50	100(2L _e)	±2cm/26min
12	8.28	1.5	150	450(3L _e)	±2cm/26min
13			150	300(2L _e)	±2cm/26min
14			100	300(3L _e)	±2cm/26min
15			100	200(2L _e)	±2cm/26min
16	4.47	1	150	450(3L _e)	±2cm/26min
17			150	300(2L _e)	±2cm/26min
18			100	300(3L _e)	±2cm/26min
19			100	200(2L _e)	±2cm/26min
20			50	200(3L _e)	±2cm/26min
21			50	100(2L _e)	±2cm/26min
22	11.82	2	無堤		±2cm/26min
23	8.28	1.5			±2cm/26min
24	4.47	1			±2cm/26min

4-3-2 離岸潛堤群試驗

離岸潛堤群試驗配置方式如表4-4

表4-4 配置方式

波向(θ)	90°
底床坡度(s)	1/30
深水水位(d)	40cm
潮位變化	$\pm 0\text{cm}/26\text{min}$, $\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
離岸距離(X_d)	100cm
堤高(H_d)	40cm
堤長(L_b)	160cm
堤距(G)	40cm, 80cm, 120cm, 160cm, 200cm

其平面配置圖如圖4-4所示。而試驗波浪條件為 $H=8\text{cm}$, $T=1.5\text{sec}$, $H/L=0.03$ 。本離岸潛堤群試驗共進行20種Run次試驗，其試驗條件如表4-5所示。

表4-5 離岸潛堤群試驗條件

CASE	波高(H)cm	週期(T)cm	堤長(L_b)cm	堤距(G)cm	潮位變化
1	8	1.5	160	40	0
2	8	1.5	160	80	0
3	8	1.5	160	120	0
4	8	1.5	160	160	0
5	8	1.5	160	200	0
6	8	1.5	160	40	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
7	8	1.5	160	80	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
8	8	1.5	160	120	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
9	8	1.5	160	160	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
10	8	1.5	160	200	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
11	8	1.5	無	堤	0
12	8	1.5	無	堤	0
13	8	1.5	無	堤	0
14	8	1.5	無	堤	0
15	8	1.5	無	堤	0
16	8	1.5	無	堤	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
17	8	1.5	無	堤	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
18	8	1.5	無	堤	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
19	8	1.5	無	堤	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$
20	8	1.5	無	堤	$\pm 2\text{cm}/26\text{min}$

4-4 試驗步驟

4-4-1 突堤群試驗

當試驗配置完成後，先以水準儀量測其初期地形，再選定一波浪條件造波，造波期間量測深水波高(H)、週期(T)、碎波波高(H_b)碎破距離(X_b)、以及堤頭入射波波高(H_t)等值，並每隔5小時量測地形一次，每25公分量測一點，並拍照，累積造波時間為10小時至30小時不等。

4-4-2 離岸潛堤群試驗

當試驗配置完成後，以水準儀量測其初期地形，再以其選定之波浪條件造波，造波期間量測深水波高(H)、週期(T)、並每隔5小時量測地形一次，每20公分量測一點，並拍照，累積造波時間為20小時。

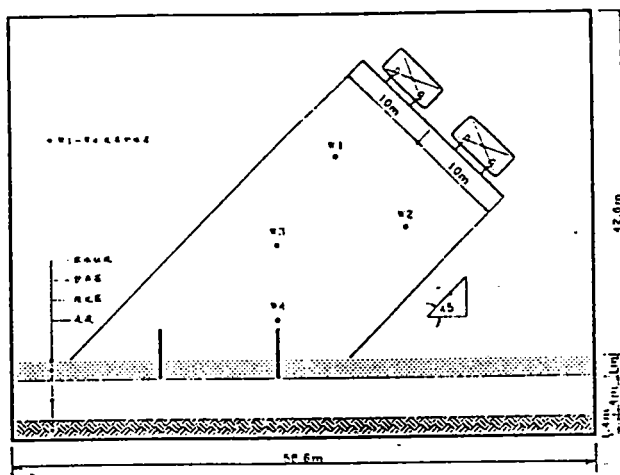


圖 4-1(a) 突堤群配置示意圖

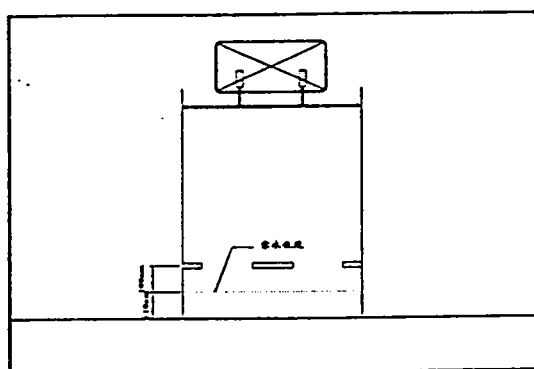


圖 4-1(b) 離岸潛堤群配置示意圖

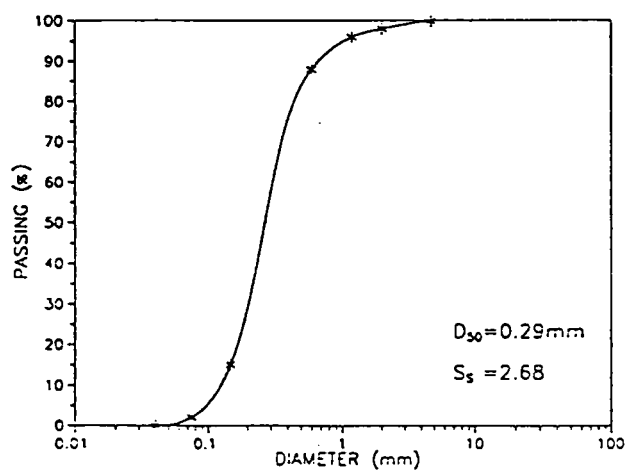


圖 4-2 試驗底質粒徑分析圖

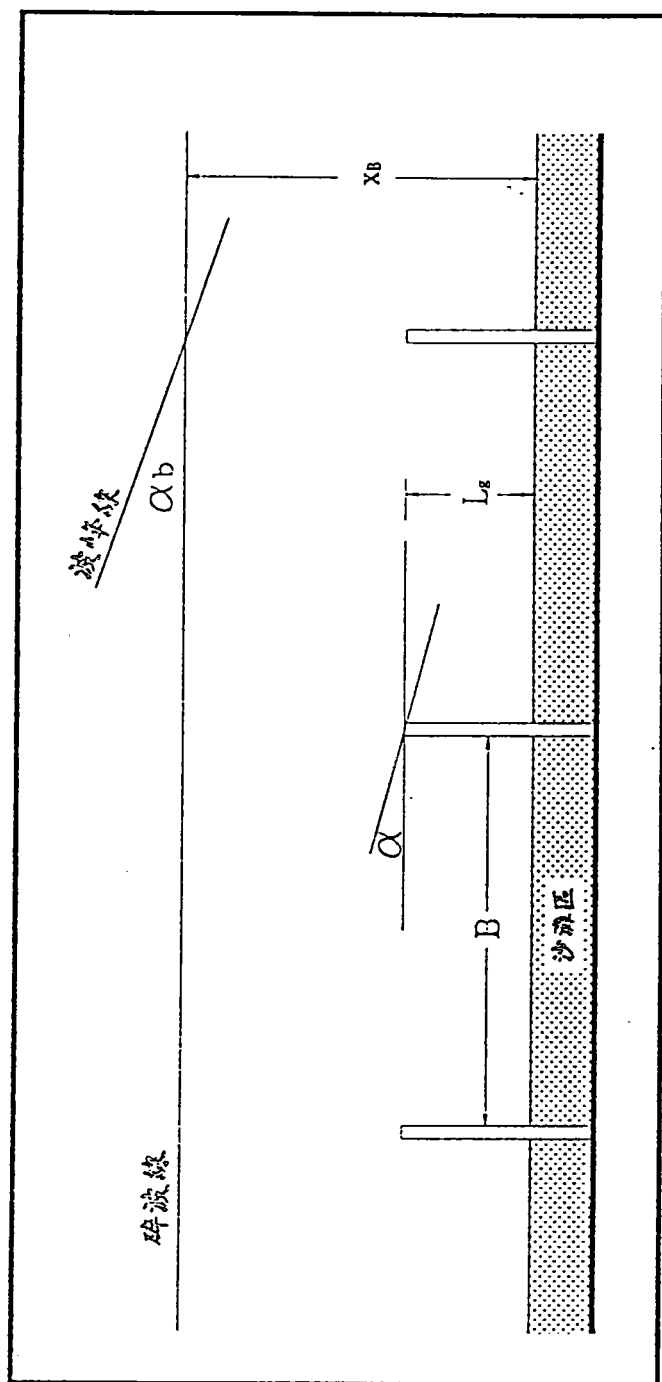


圖 4-3 突堤群平面配置及參數定義示意圖

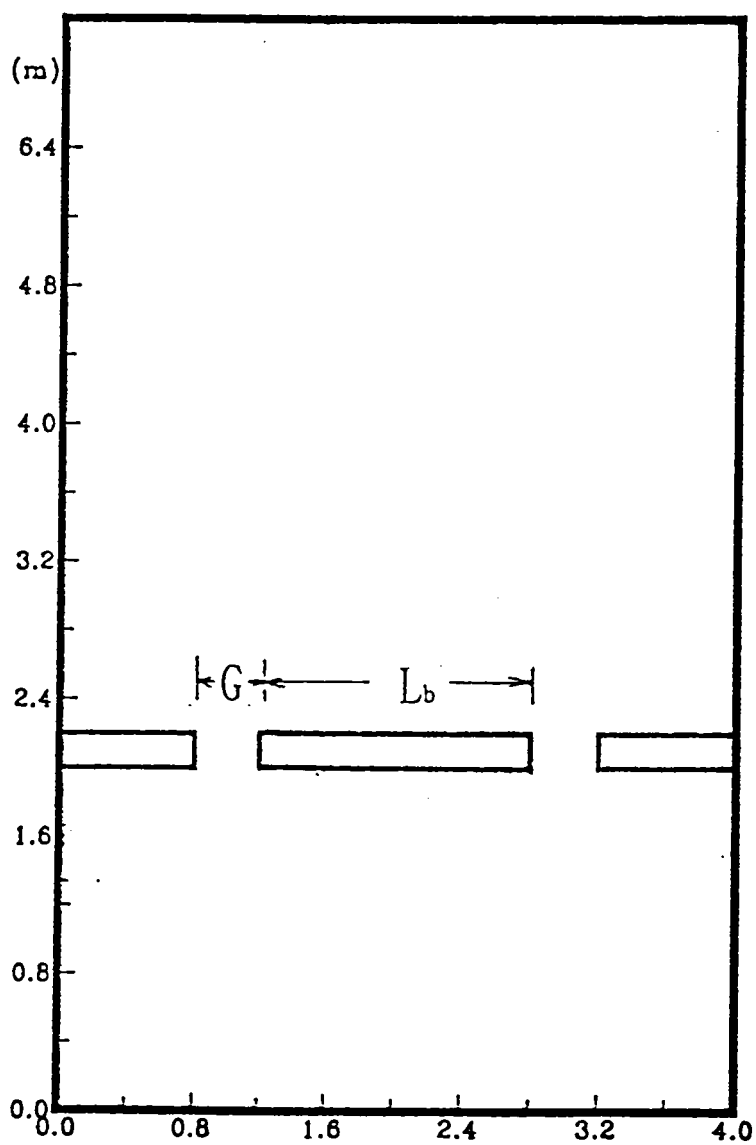


圖 4-4 離岸潛堤群平面配置及參數定義示意圖

第五章 試驗資料分析結果及討論

5-1 突堤群試驗資料分析結果及討論

5-1-0 前言

突堤群設置目的，旨在定砂並保護新生地海堤免遭破壞；本研究計劃有關突堤群試驗部份，共計進行 24 個 Run 次試驗，試驗 CASE(1) 與(2)試驗累積造波時間分別達 20 小時與 30 小時；CASE(3)以後則累積造波時間均為 10 小時；試驗底床坡度均採 $S=1/30$ ；根據本研究第一年台中港海氣象資料分析研究成果，影響台中港海岸特性之顯著波向與海岸線約成 45° 角，故本次試驗均採波浪入射角 $\theta=45^\circ$ 。試驗波向，考量不同突堤群長度在不同間距比，於每 26 分鐘有 $\pm 0\text{cm}$ 、 $\pm 1\text{cm}$ 以及 $\pm 2\text{cm}$ 潮差條件下進行試驗研究，俾探討其定砂效果；試驗過程中同時觀測波浪受地形影響之碎波波高(H_b)、碎波距離(X_b)以及波浪到達突堤堤頭處波高(H_t)等，茲將 24 個 Run 次試驗結果摘錄如表 5-1 中所示，謹將各種不同條件之試驗資料分析結果，詳述如下：

表 5-1 突堤群試驗資料分析結果摘要表

case	H _b (cm)	X _b (cm)	H _i (cm)	$\Delta V(0 \sim \text{hr})$ ($\times 10^4 \text{cm}^3$)	$\Delta V(0 \sim 10\text{hr})$ ($\times 10^4 \text{cm}^3$)	A ($\times 10^4 \text{cm}^2$)
1	10.5	770	2.62	-3.82	-2.26	9.00
2	15.66	808	2.75	+0.09	+0.16	9.00
3	16.0	620 ~ 750	2.46 ~ 3.90	+6.13	+15.09	9.00
4	14.9 ~ 16.3	690 ~ 810	2.56 ~ 3.78	+4.36	+15.97	9.00
5	14.3 ~ 17.5	485 ~ 555	3.6 ~ 6.1	+4.97	+8.64	6.75
6	12.6 ~ 15.7	485 ~ 550	3.8 ~ 5.1	+6.32	+12.33	4.50
7	13.9 ~ 16.8	485 ~ 550	2.5 ~ 4.0	+3.96	+7.31	4.50
8	14.9 ~ 17.4	485 ~ 555	2.5 ~ 5.2	+2.98	+5.40	3.00
9	15.5 ~ 18.2	485 ~ 550	1.4 ~ 3.5	+2.55	+4.06	4.50
10	13.0 ~ 16.3	485 ~ 555	2.2 ~ 3.1	+1.18	+1.50	2.25
11	13.5 ~ 14.9	485 ~ 555	0.5 ~ 2.6	+1.18	+2.36	1.50
12	7.3 ~ 10.7	255 ~ 310	3.0 ~ 7.6	+1.54	+7.15	6.75
13	10.7 ~ 11.5	255 ~ 355	3.8 ~ 7.3	+2.26	+5.32	4.50
14	6.2 ~ 9.9	250 ~ 345	2.7 ~ 5.2	+0.14	+3.87	4.50
15	7.1 ~ 9.3	255 ~ 355	2.4 ~ 4.8	+1.26	+2.97	3.00
16	5.9 ~ 6.2	150 ~ 220	3.3 ~ 4.8	+2.07	+4.40	6.75
17	5.9 ~ 6.4	145 ~ 245	3.8 ~ 7.3	+0.99	+3.23	4.50
18	5.4 ~ 7.1	120 ~ 220	1.7 ~ 5.0	+0.29	+2.68	4.50
19	5.0 ~ 6.3	145 ~ 245	2.9 ~ 5.0	+0.61	+2.11	3.00
20	4.9 ~ 5.5	145 ~ 245	2.3 ~ 3.4	+0.05	+0.51	2.25
21	5.6 ~ 7.3	145 ~ 250	0.5 ~ 4.6	-0.08	+0.38	1.50
22	14.2 ~ 16.9	485 ~ 555	--	--	--	--
23	7.2 ~ 9.8	250 ~ 345	--	--	--	--
24	5.8 ~ 7.1	145 ~ 245	--	--	--	--

ΔV ：為每個堤區內岸壁 $Y=-100 \text{ cm}$ 至 $Y=+50 \text{ cm}$ 之平均淤沙量。

+為淤積，-為侵蝕。

5-1-1 波浪尖銳度對突堤群定砂效果差異性比較分析

根據台中港附近海氣象特性分析結果顯示，該區示性波浪尖銳度在 $0.0200 \sim 0.0350$ 發生率佔 40% 以上，故本研究為瞭解在不同波浪尖銳度條件作用下突堤群之定砂效果，辦理突堤長度 $L_s=150$ 公分，間距 $B=600$ 公分即間距比 $B/L_s=4$ 時，在二種不同波浪尖銳度 $H/L=0.020$ 與 $H/L=0.030$ 即 CASE(1) 與 CASE(2) 等試驗，試驗水槽中則佈置三道突堤，其相對配置及斷面位置示意如圖 5-1 中所示。

CASE(1) 與 CASE(2) 試驗水位係採固定水深 $d=46.5\text{cm}$ 即平均水位無潮差變化；對單一規則波浪作用下，其波浪分別在距岸邊的 770cm 與 808cm 處破碎，其碎波波高則分別達 10.5cm 與 15.66cm ，而波浪前進到突堤堤頭處之波高則分別為 2.62cm 與 2.75cm ；如表 5-1 中所示。

圖 5-2(a) 與 (b) 分別為 CASE(1) 與 CASE(2) 在斷面位置 $X=300\text{cm}$ (下游斷面) 與 $X=900\text{cm}$ (上游斷面) 處，於不同累積造波時段，兩突堤間中心斷面水形變化歷時圖。由於試驗係採單一規則波，故入射波浪碎波位置固定；試驗結果顯示，於碎波位置所形成之潛沒沙洲隨著累積造波時間增加而逐漸向岸側推移，當累積造波時間達 20 個小時後，在波浪尖銳度較小 $H/L=0.020$ 之 CASE(1) 試驗情況，其上游中心位置斷面於碎波位置所形成之潛沒沙洲已到達原先初期地形 $\pm 0\text{cm}$ 灘線位置而形成一高出水面約 $+3\text{cm}$ 之沿岸沙洲，致使灘線位置外移約 40cm ；而試驗結果顯示，相同尖銳度試驗波浪條件，於下游中心位置斷面其碎波位置形成之潛沒沙洲則剛露出水面尚未到達，如圖 5-2(a) 中左圖所示。

惟對波浪尖銳度較大 $H/L=0.030$ 之 CASE(2) 試驗情況，試驗結果顯示，突堤群上、下游中心位置斷面水深變化特性，恰與 CASE(1) 試驗結果相反；當累積造波時間達 20 個小時，在下游中心位置斷面其碎波位置所形成之潛沒沙洲已到達原先初期地形 $\pm 0\text{cm}$ 灘線位置而形成一高出水面約 $+4.5$ 公分之沿岸沙洲(事實上在累積造波時間達 15 個小時後該沿岸沙洲即已形成)，反而是在上游中心位置斷面於碎波位置所形成之潛沒沙洲尚未浮出水面，迨累積造波時間達 30 小時，試驗結果顯示，在距原先初期地形 $\pm 0\text{cm}$ 灘線前方約 100cm 處形成一高程約 $+6.5\text{cm}$ 左右之沿岸沙洲如圖 5-2(b) 中右圖所示。

圖 5-2(c) 則為相同突堤群配置(堤距寬 $B=600\text{cm}$ ，堤長 $L_s=150\text{cm}$)，考慮不同範圍(分別為 $Y=-100\text{cm} \sim +50\text{cm}$ 、 $Y=-100\text{cm} \sim +100\text{cm}$ 、 $Y=-100\text{cm} \sim +150\text{cm}$)，對不同尖銳度波浪作用下其突堤群間定砂效果與累積造波時間關係圖；圖中 ΔV 表兩突堤間計算範圍內土砂量變化(正者表示淤積，負者表示侵蝕)； V 則為計算範圍內之水體體積。試驗結果顯示，在波高 $H=11.82\text{cm}$ 、週期 $T=2\text{sec}$ 即波浪尖銳度 $H/L=0.03$ 之 CASE(2) 試驗波浪條件作用下，當累積造波時間達 10 個小時以後，突堤群之定砂效果才開始發揮正面功能，然 CASE(1) 因波浪尖銳度較小 $H/L=0.02$ ，試驗結果顯示在累積造波時間達 20 個小時後，突堤群才發揮其定砂功能；其次試驗結果顯示 CASE(2) 其定砂效應若計算範圍 $Y=-100\text{cm} \sim +50\text{cm}$ 約在三分之一堤長範圍內，則突堤間之總淤砂量約可達其突堤間通水體積一倍左右，而其定砂效果若考量突堤間整個堤長，即 $Y=-100\text{cm} \sim +150\text{cm}$ 範圍內，則突堤間之淤沙量約為其整個堤長範圍內通水體之一半。如圖 5-2(c) 中之右半邊上、中、下圖等所示。

故綜合以上討論，吾人可知突堤群受單一規則波浪作用試驗後，其斷面水深變化特性受斷面位置之不同、試驗波浪尖銳度之大小以及累積造波時間之長短等因素影響將有明顯差異；而突堤群定砂效應若採用較大尖銳度($H/L=0.030$)試驗波浪，則可在較短時間(累積造波時間 10 個小時)內發揮其預期定砂功能。

5-1-2 潮差變化對突堤群定砂效果差異性比較分析

鑑於前項試驗結果顯示，若試驗採平均水位即不考慮潮差變化，則在單一規則波浪作用則產生之沿岸砂洲，將隨入射波浪尖銳度與累積造波時段長短，勢必影響突堤群定砂效果且有失真現象；加以根據第一年研究計畫，台中港附近海氣象特性分析結果，該區潮汐主要為半日潮及全日潮，其潮差可達 6 公尺以上，為本區特色，故本研究為瞭解潮差變化對突堤群定砂效果影響，分別進行與 CASE(2)相同試驗波浪條件即入射波高 $H=11.82\text{cm}$ ，週期 $T=2\text{sec}$ ，平均水深 $d=46.5\text{cm}$ ，惟改變潮差變化為每 26 分鐘 $\pm 1\text{cm}$ 以及 $\pm 2\text{cm}$ 等兩種試驗，即 CASE(3)與 CASE(4)以資與無潮差變化之 CASE(2)相比較，俾探討潮差變化對突堤群定砂效果差異性比較。

CASE(3)與 CASE(4)試驗結果顯示，因潮差變化影響碎波發生位置，故當累積造波時間達 5 個小時後，兩者岸側即有明顯堆積，其碎波距離分別距岸約 $620\text{cm} \sim 750\text{cm}$ 與 $690\text{cm} \sim 810\text{cm}$ 間，此現象與 CASE(2)為明顯差異，其 CASE(2)即無潮差變化試驗，當累積造波時間達 5 小時後其沿岸沙洲堆積在距岸約 870cm ，即碎波位置附近，尚未移動到岸邊；當累積造波時間達 10 個小時後，CASE(3)即潮差較小 Run 次試驗，岸前沙洲更形明顯，高程由原先約在水面上 $+4\text{cm}$ 增加為 $+7\text{cm}$ ；惟 ASE(4)潮差變化範圍較大者，即

使再累積造波 5 個小時，即連續造波 10 個小時，然其試驗結果顯示除了在 $Y=50\text{cm}$ 範圍以外有較明顯侵蝕現象外，其餘斷面並無明顯變化，圖 5-3(a)、(b)、(c) 分別為其突堤中間斷面歷時變化圖。

圖 5-4(a)~(c) 分別為考慮 $Y=-100\text{cm} \sim +50\text{cm}$ 、 $Y=-100\text{cm} \sim +100\text{cm}$ 以及 $Y=-100\text{cm} \sim +150\text{cm}$ 等不同範圍其突堤群定砂效果，試驗結果顯示，若 Y 值計算到 $+150\text{cm}$ 範圍即整個突堤長度範圍，三者定砂效果無顯著差異，惟若純考慮岸側定砂效果即 $Y=-100\text{cm} \sim +50\text{cm}$ ，顯然以 CASE(4) 定砂效果較佳，其砂源當來自其 $Y=+50\text{cm} \sim +150\text{cm}$ 範圍。

綜合以上討論，若試驗條件採用較大潮差變化，則其地形較易達到平衡斷面且試驗結果顯示，若採用潮差變化進行突堤群試驗，將可在更短累積造波期間內(即累積造波時間 5 個小時)，發揮其預期定砂效果。

5-1-3 突堤群長度變化對其定砂效果差異性比較分析

本研究為進一步探討突堤群在固定間距 B ；對不同間距比 (B/L_g 分別為 2、3 與 4 時) 以及不同尖銳度深海波浪 H_0/L_0 (分別為 0.0197、0.0258 與 0.0302) 等試驗條件作用下，俾瞭解其長度變化對突堤群定砂效果，另外分別進行 CASE(5)~ CASE(21) 等共計 17 個 Run 次組合試驗；試驗波高、週期與潮差條件詳如表 4-3。

圖 5-5(a)、(b) 與 (c) 分別為相同突堤群間距 ($B=300$ 公分)，在不同尖銳度 H_0/L_0 深海波浪試驗條件作用下，突堤長度變化對其定砂效果影響關係比較圖，此處每個 Run 次累積造波時間均為 10 個小時，圖中 (a)、(b) 與 (c) 分別表 Y 值為 $-100\text{cm} \sim +50\text{cm}$ 、 -100cm

~+100cm 以及 -100cm ~+150cm 等不同計算範圍試驗結果，若考慮 Y 值為 -100cm ~+50cm 範圍者之突堤群定砂效果，則試驗結果顯示，在各種不同尖銳度深海波浪作用下，突堤群定砂效果均隨著其突堤長度之加長而增大，深海波浪尖銳度較小者，突堤長度對其定砂效果影響益形顯著；對相同突堤長度試驗結果同時顯示在不同尖銳度波浪作用下，其定砂效果之差異性隨突堤長度之加長而增加，如圖 5-5(a) 中所示；惟此特性隨著考慮 Y 值範圍之延伸而趨於不明顯。

圖 5-6 與圖 5-7 則分別為突堤群其堤寬與堤長間距比 $B/L_g = 2$ 與 $B/L_g = 3$ 於不同累積造波時段以及不同尖銳度試驗波浪作用下，突堤長度變化對其定砂效果影響關係圖，圖中(a)、(b)、(c)分別為累積造波時間 0 ~ 5 小時、5 ~ 10 小時以及 0 ~ 10 小時期間等試驗結果。圖形顯示，兩種不同間距比，其定砂效果在各種不同尖銳度試驗波浪作用下均隨突堤長度之加長而增大，入射波浪尖銳度較小者，其定砂效果較佳；試驗結果同時顯示突堤群間距與堤長比值 $B/L_g = 2$ 較小者，對相同堤長而言，波浪尖銳度對其定砂效果之差異性則較為顯著，分別如圖 5-6(c) 所示，大體而言，對各種不同堤長試驗結果顯示，間距比值 $B/L_g = 2$ 較 $B/L_g = 3$ 者較佳，尤其是在波浪尖銳度較小之試驗情況。吾人亦可將圖 5-6(c) 與 5-7(c) 中試驗結果整理如圖 5-8(a)、(b)、(c) 分別表不同尖銳度 H_0/L_0 為 0.0197、0.0258 以及 0.0302 等波浪作用下，其突堤群定砂效果與突堤長度(L_g)以及間距比(B/L_g)三者關係圖，分析結果顯示，在尖銳度較大波浪作用下，突堤群定砂效果主要隨突堤長度加長而增大而與間距比值大小較無關連，如圖 5-8(c) 中所示；惟在尖銳度較小波浪作用下，突堤群定砂效果明顯隨突堤長度之加長以及間距比值 B/L_g 之減小而有明顯增大趨勢如圖 5-8(a) 中所示。

5-1-4 突堤群不同間距比對其定砂效果差異性比較分析

CASE(4)~CASE(21)試驗分析結果亦可整理如圖 5-9~圖 5-12 中所示；圖 5-9 ~圖 5-11 中(a)、(b)、(c)分別表示在不同累積造波時段 0 ~ 5 小時、5 ~ 10 小時以及 0 ~ 10 小時期間，對不同試驗突堤長度(L_g 為 50cm、100cm 與 150cm 等三種)於相同尖銳度試驗波浪作用下，突堤群定砂效果與其間距比關係圖；試驗結果顯示在尖銳度 $H_0/L_0=0.0197$ 波浪作用下，各種不同突堤長度其突堤群定砂效果隨間距比值之增大而減小；對相同間距比試驗結果顯示，突堤長度較長者，則突堤群定砂效果較佳如圖 5-9(c)中所示；惟當試驗波浪尖銳度提高到 $H_0/L_0=0.0258$ 與 $H_0/L_0=0.0302$ 時，對不同突堤長度試驗結果顯示，間距比 $B/L_g=2$ 與 $B/L_g=3$ 二者對其定砂效果則無顯著差異，分別如圖 5-10(c)與 5-11(c)中所示。

圖 5-12(a)、(b)、(c)分別為在不同累積造波時段，對各種不同尖銳度試驗波浪作用下，突堤群定砂效果與其間距比關係圖，圖形分析結果顯示，大體而言，對各種不同尖銳度波浪試驗，以間距比 $B/L_g=2$ ，其突堤群定砂效果較佳，而對相同間距比而言，試驗結果顯示又以較小尖銳度波浪試驗其定砂效果為佳。

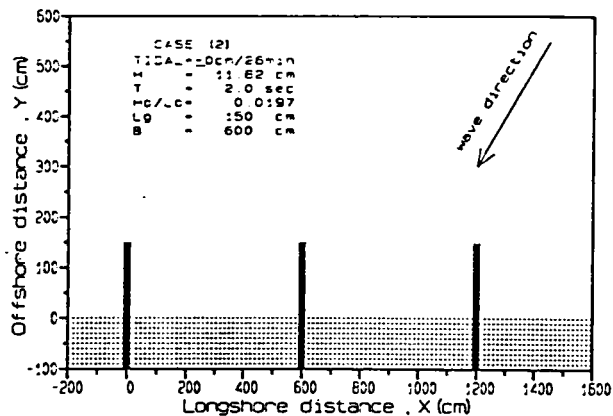
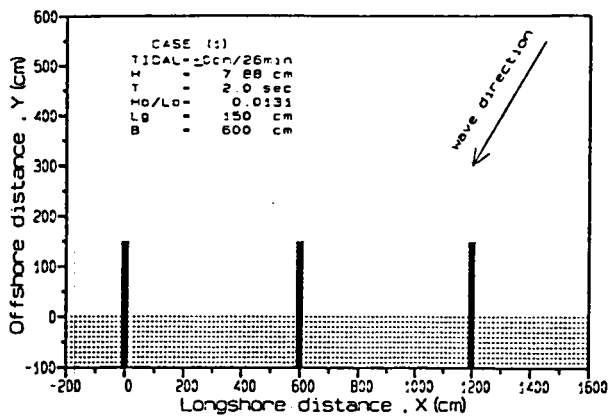


圖 5-1 CASE(1)與(2)突堤配置及断面位置示意圖

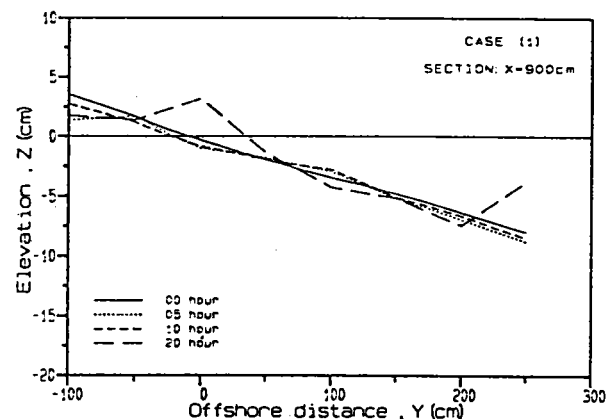
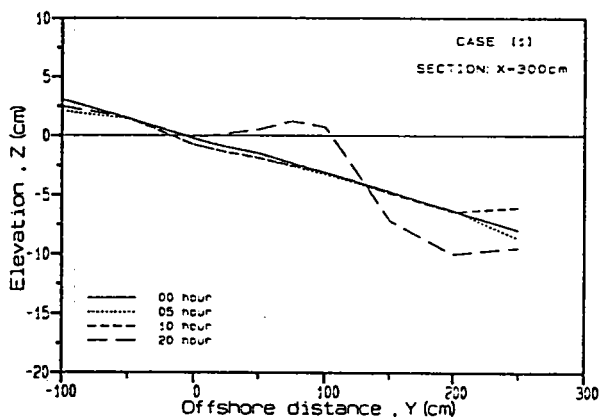


圖 5-2(a) CASE(1)不同累積造波時段断面變化圖(X=300cm ; X=900cm)

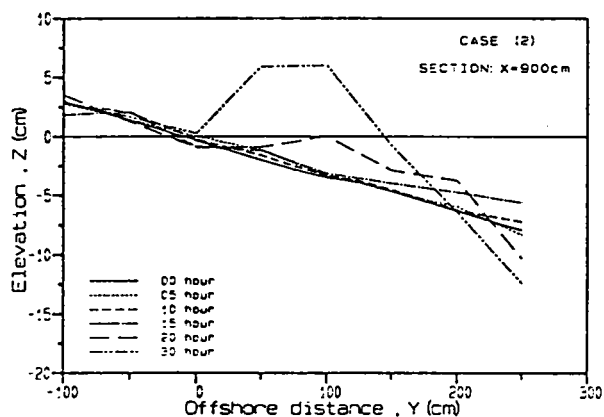
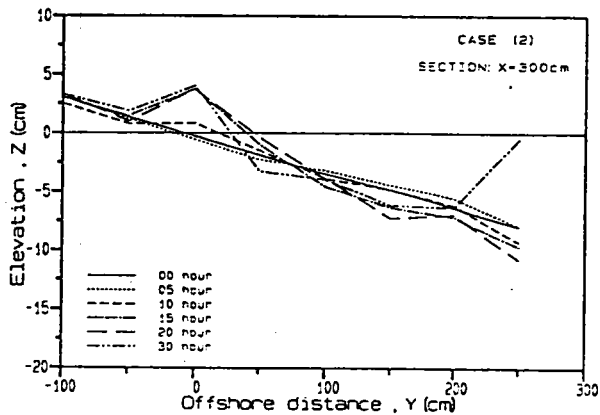


圖 5-2(b) CASE(2)不同累積造波時段断面變化圖(X=300cm ; X=900cm)

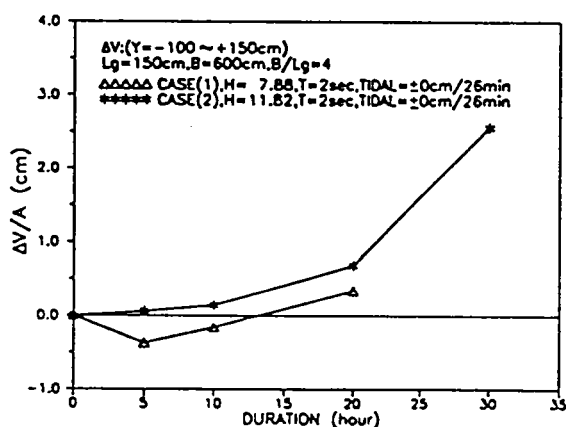
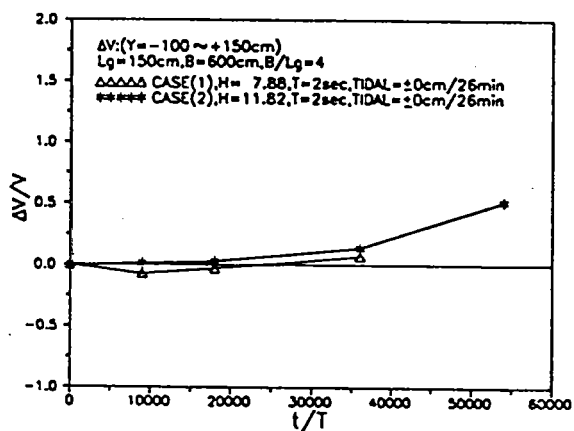
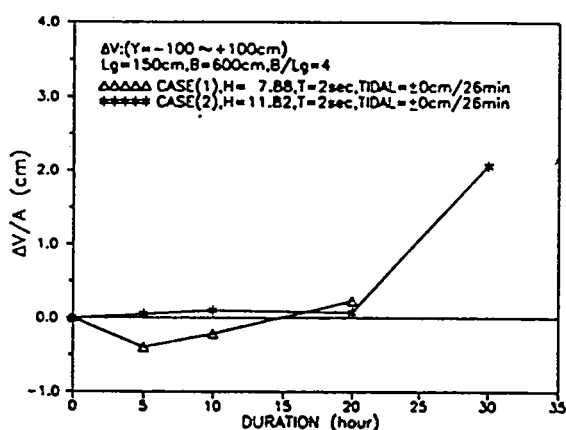
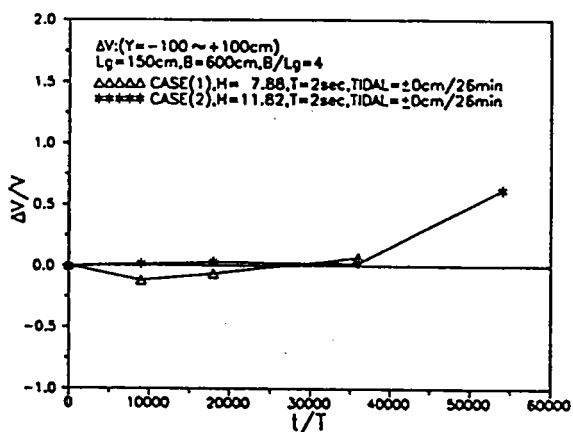
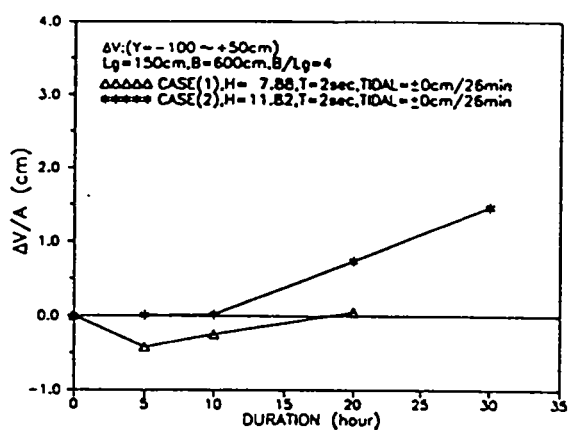
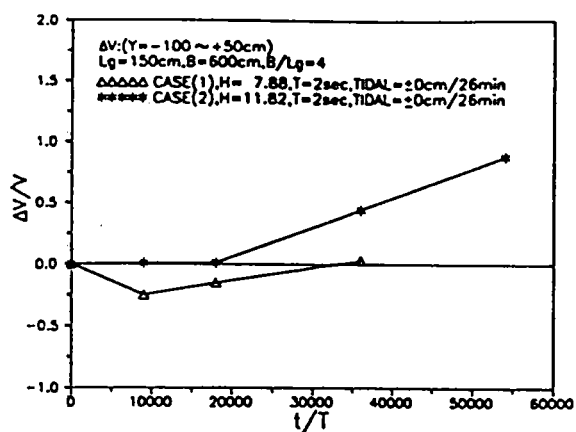


圖 5-2(c) CASE(1)與(2)突堤群定砂效果比較圖

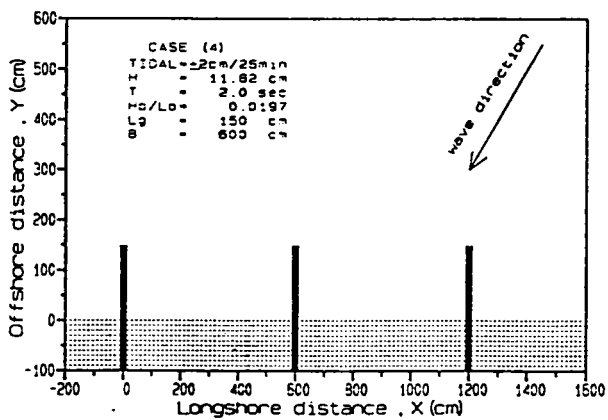
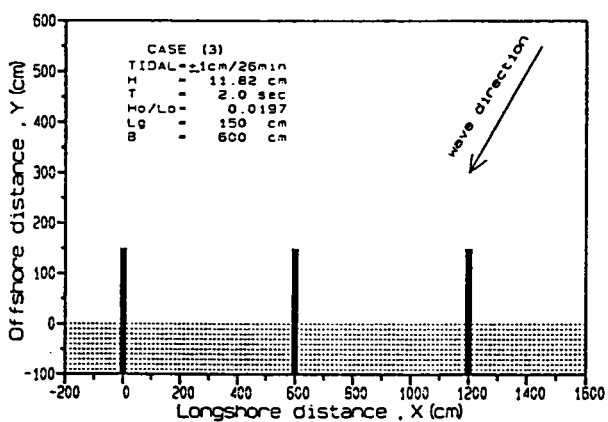
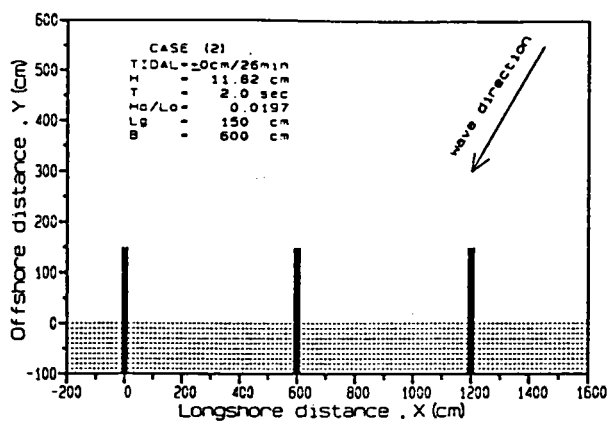


圖 5-3(a) CASE(2)~CASE(4)突堤群配置及斷面示意圖

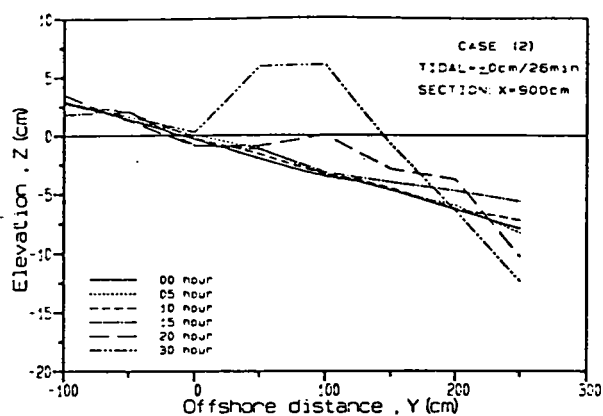
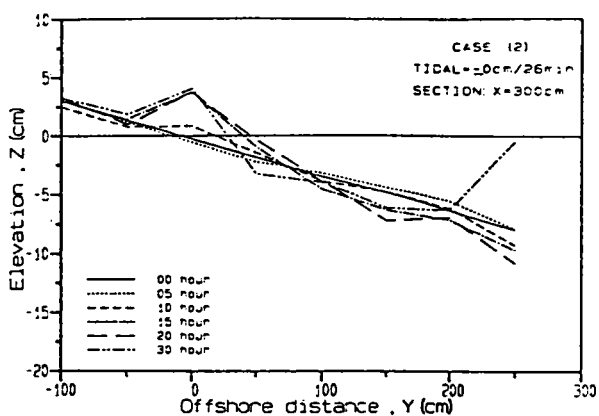


圖 5-3(b) CASE(2)突堤群中間斷面水深變化歷時圖(無潮差變化)

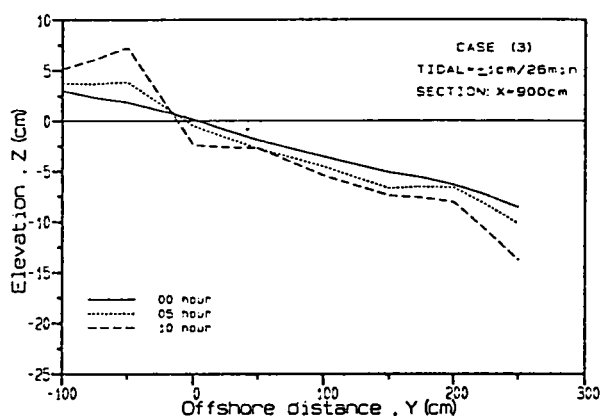
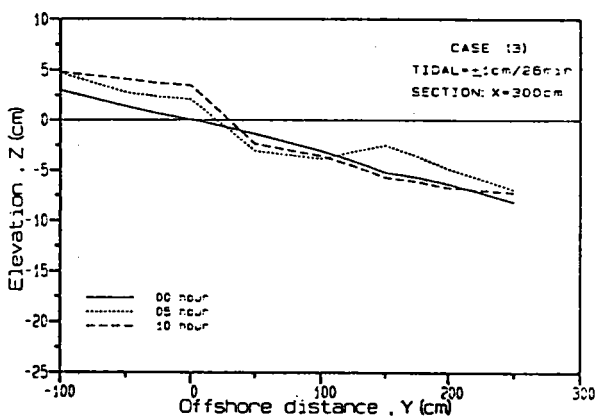


圖 5-3(c) CASE(3)突堤群中間斷面水深變化歷時圖($\pm 1\text{cm}/26\text{min}$)

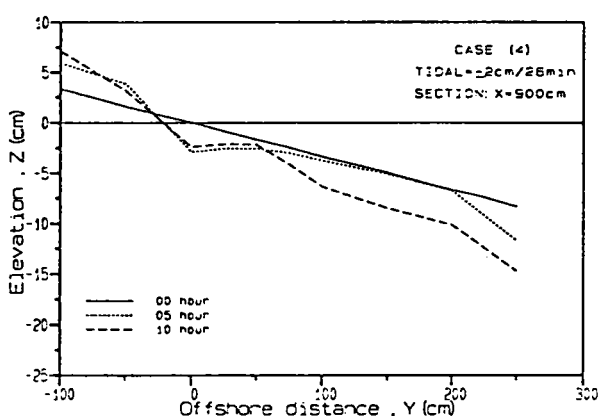
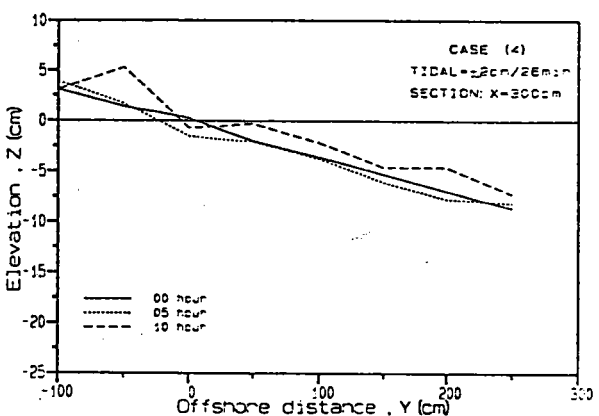


圖 5-3(d) CASE(4)突堤群中間斷面水深變化歷時圖($\pm 2\text{m}/26\text{min}$)

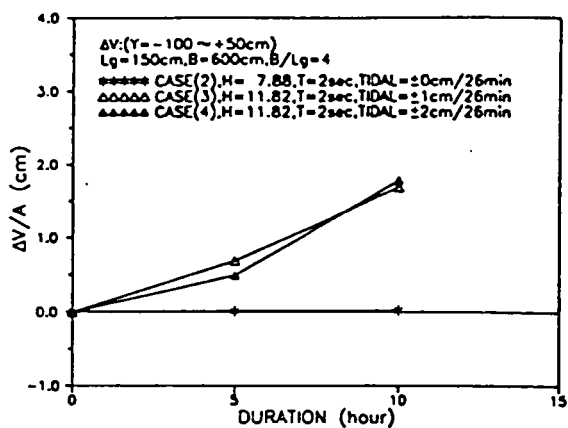
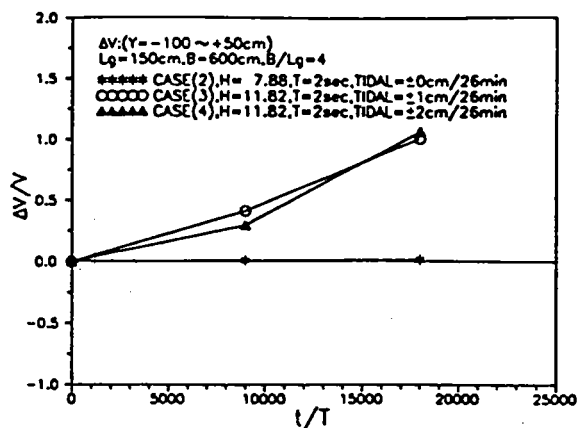


圖 5-4(a) 潮差變化對突堤群定砂效果比較圖
($Y = -100 \text{ cm} \sim +50 \text{ cm}$; $B = 600 \text{ cm}$)

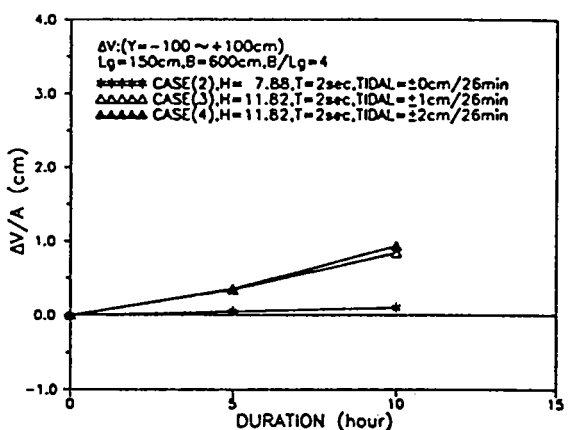
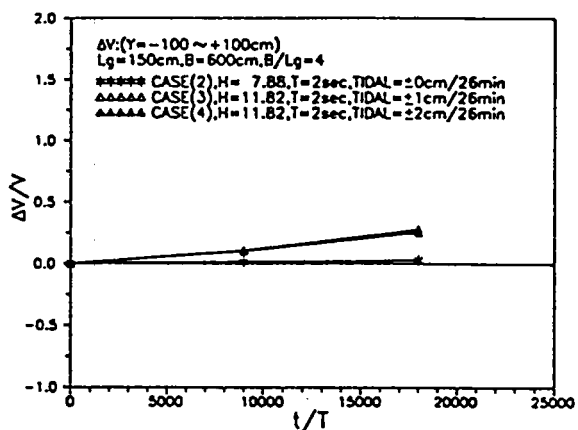


圖 5-4(b) 潮差變化對突堤群定砂效果比較圖
($Y = -100 \text{ cm} \sim +100 \text{ cm}$; $B = 600 \text{ cm}$)

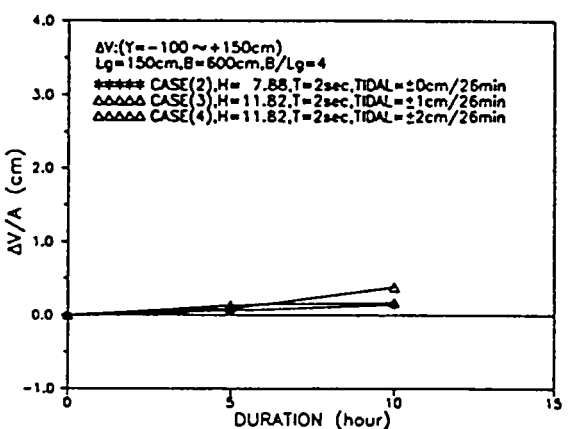
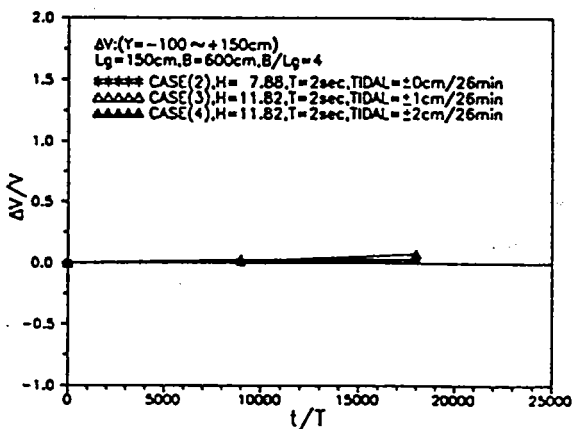


圖 5-4(c) 潮差變化對突堤群定砂效果比較圖
($Y = -100 \text{ cm} \sim +150 \text{ cm}$; $B = 600 \text{ cm}$)

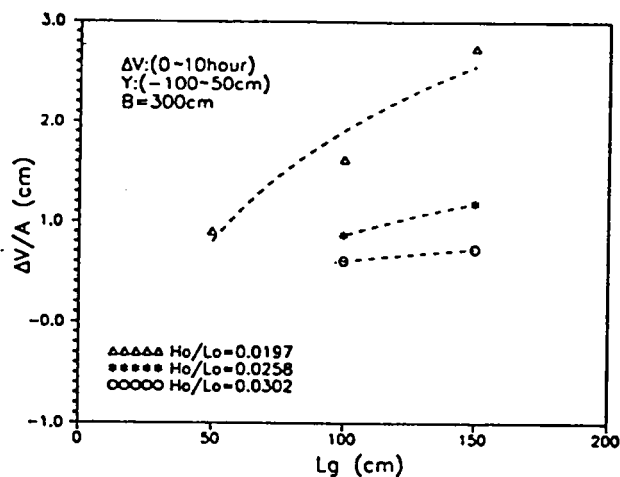
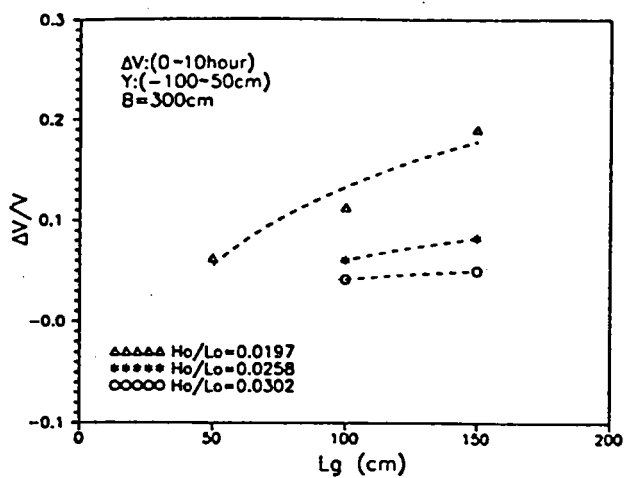


圖 5-5(a) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
($Y = -100 \text{ cm} \sim +50 \text{ cm}$; $B = 300 \text{ cm}$)

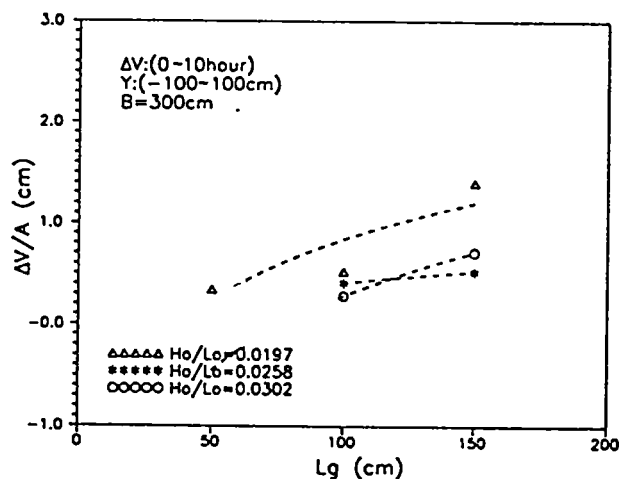
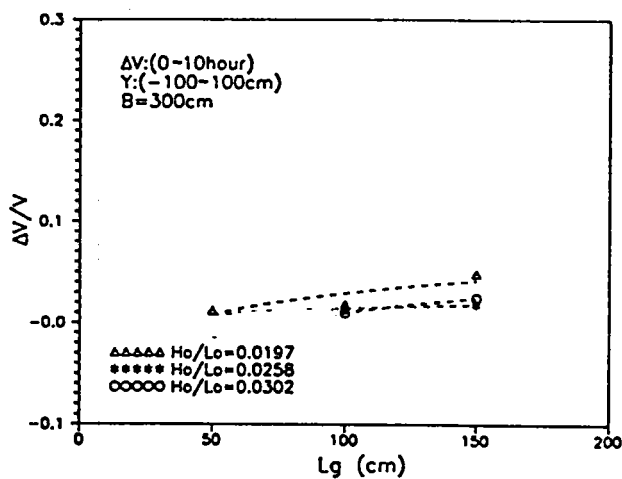


圖 5-5(b) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
($Y = -100 \text{ cm} \sim +100 \text{ cm}$; $B = 300 \text{ cm}$)

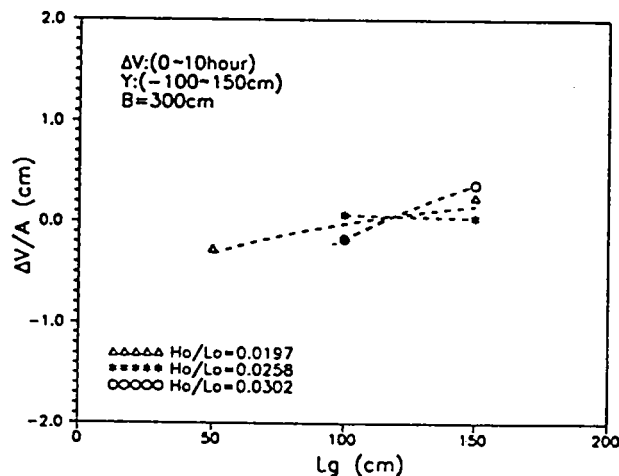
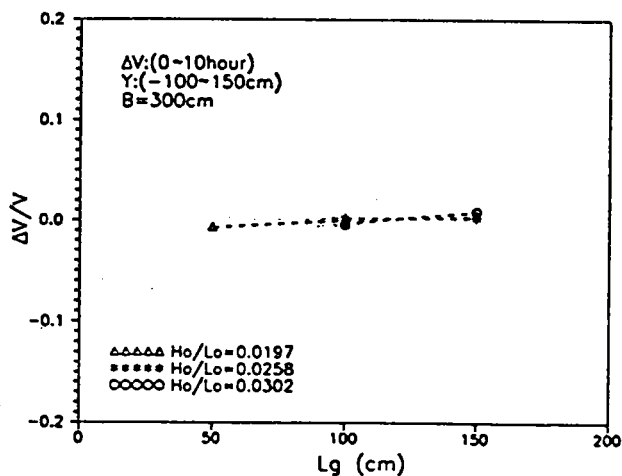


圖 5-5(c) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
($Y = -100 \text{ cm} \sim +150 \text{ cm}$; $B = 300 \text{ cm}$)

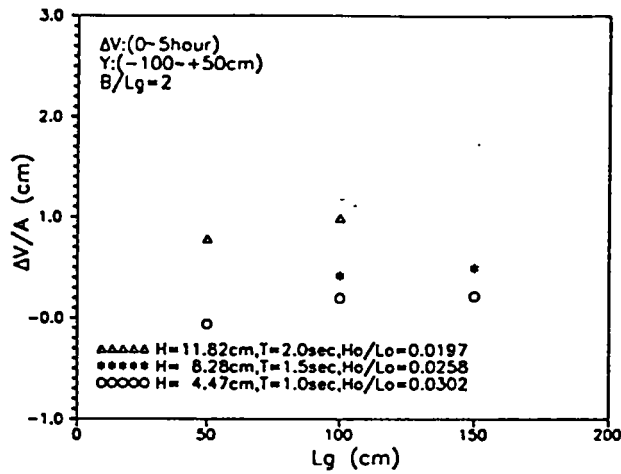


圖 5-6(a) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波期間 0 ~ 5 小時； $B/L_e=2$)

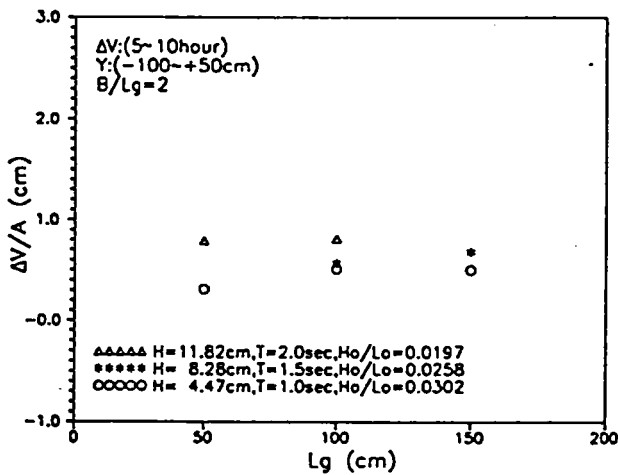


圖 5-6(b) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波期間 5 ~ 10 小時； $B/L_e=2$)

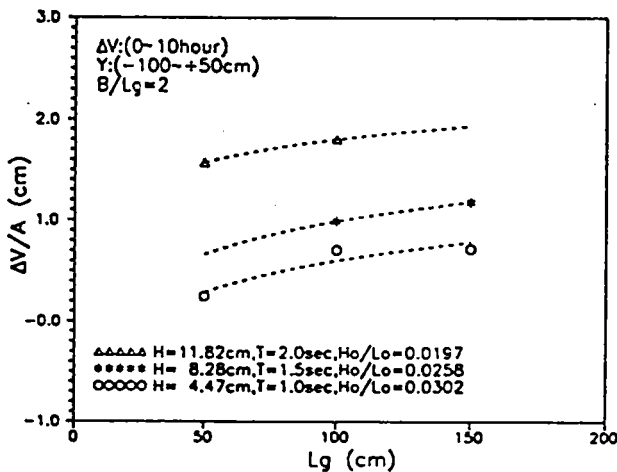


圖 5-6(c) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波期間 0 ~ 10 小時； $B/L_e=2$)

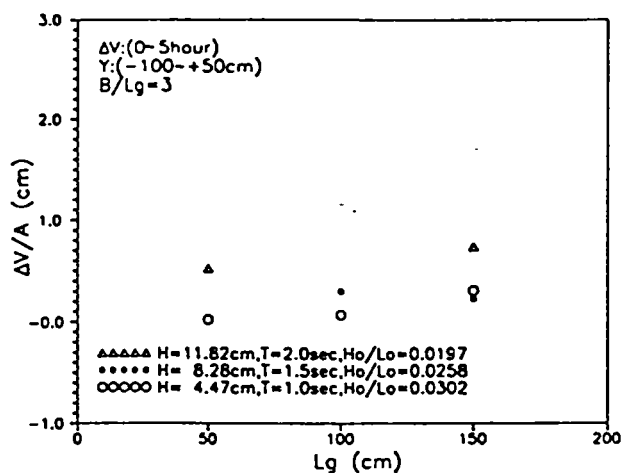


圖 5-7(a) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波時間 0 ~ 5 小時； $B/L_g = 3$)

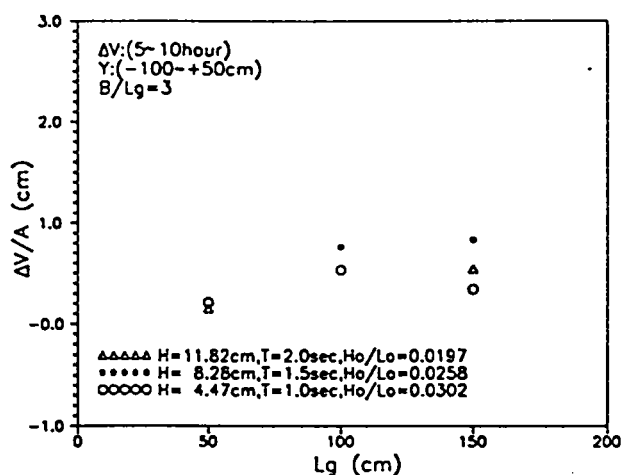


圖 5-7(b) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波時間 5 ~ 10 小時； $B/L_g = 3$)

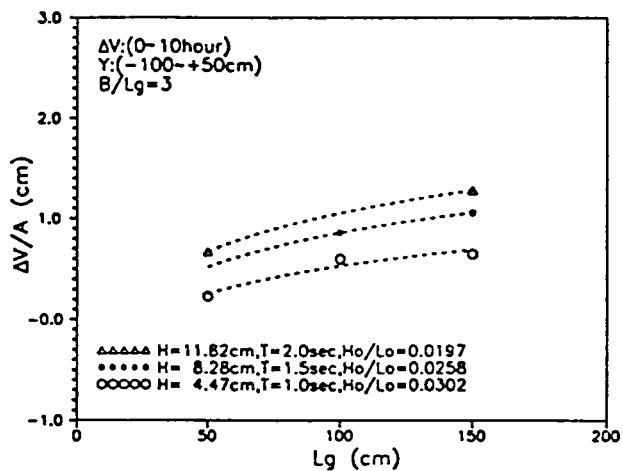


圖 5-7(c) 不同尖銳度波浪，突堤群長度變化與其定砂效果關係比較圖
(造波時間 0 ~ 10 小時； $B/L_g = 3$)

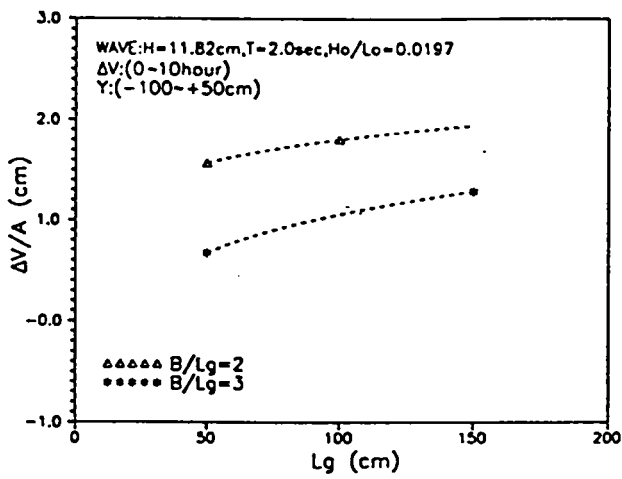


圖 5-8(a) 突堤群長度變化對不同間距比之定砂效果關係圖($H_o/L_o=0.0197$)

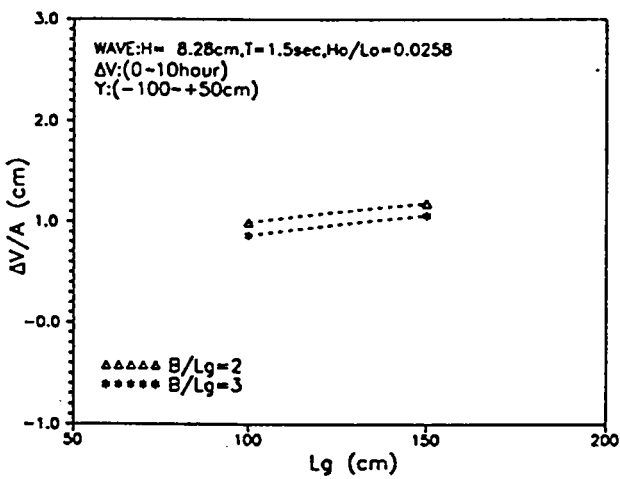


圖 5-8(b) 突堤群長度變化對不同間距比之定砂效果關係圖($H_o/L_o=0.0258$)

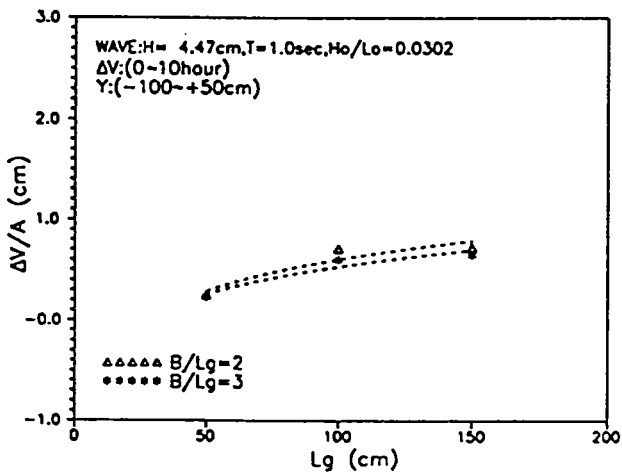


圖 5-8(c) 突堤群長度變化對不同間距比之定砂效果關係圖($H_o/L_o=0.0302$)

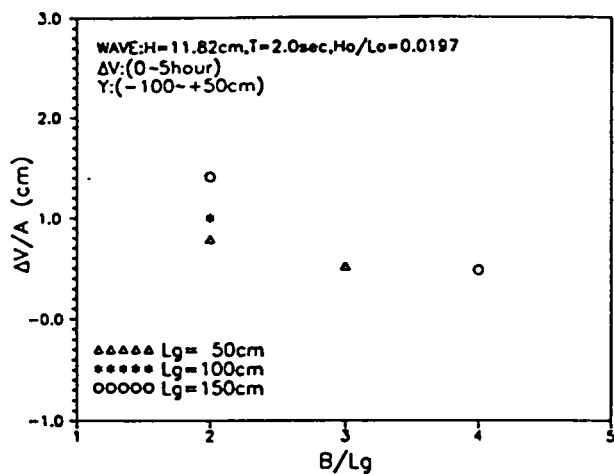
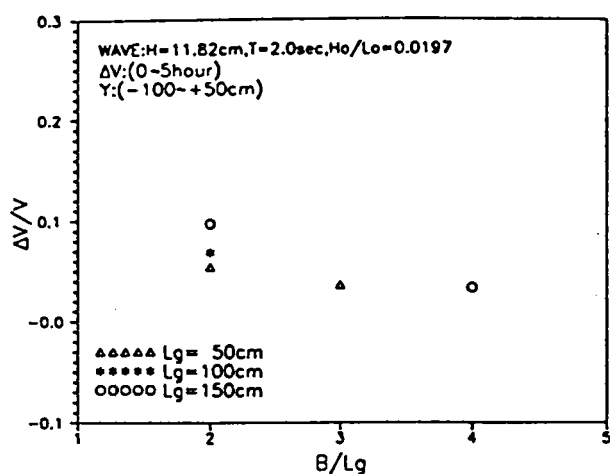


圖 5-9(a) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_o/L_o=0.0197$; 0 ~ 5 小時)

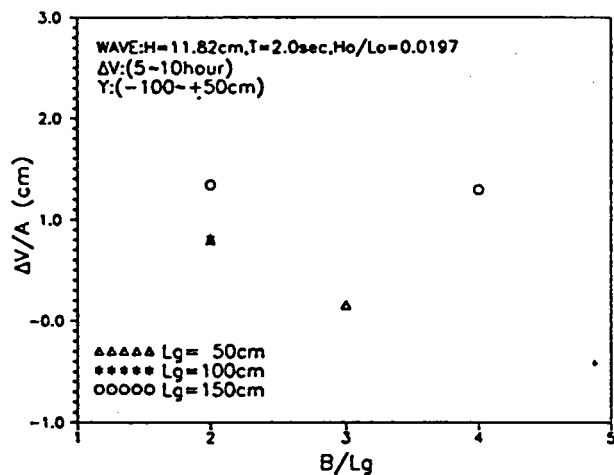
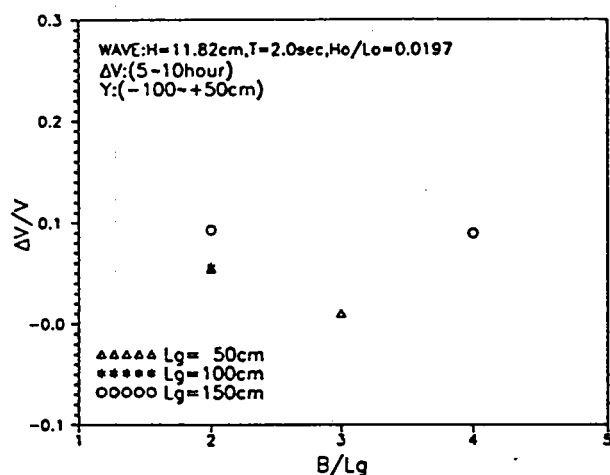


圖 5-9(b) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_o/L_o=0.0197$; 5 ~ 10 小時)

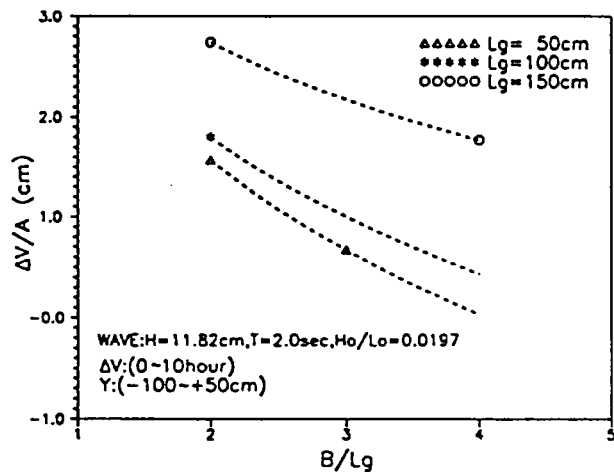
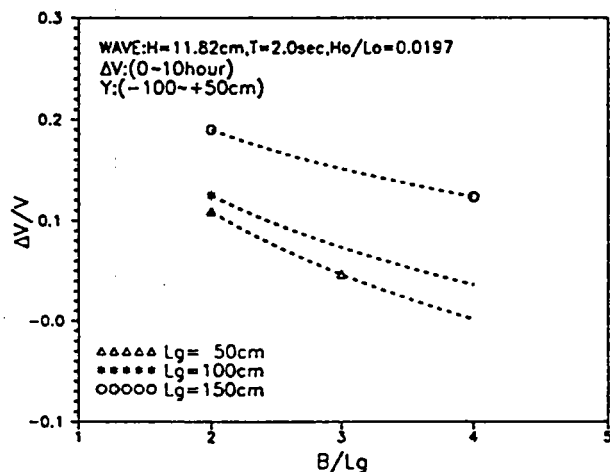


圖 5-9(c) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_o/L_o=0.0197$; 0 ~ 10 小時)

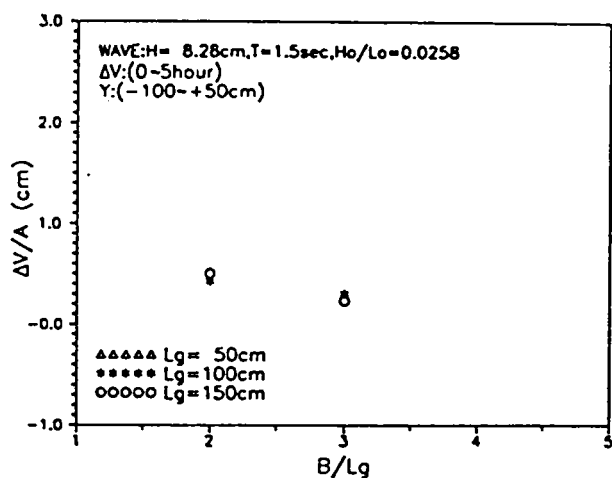
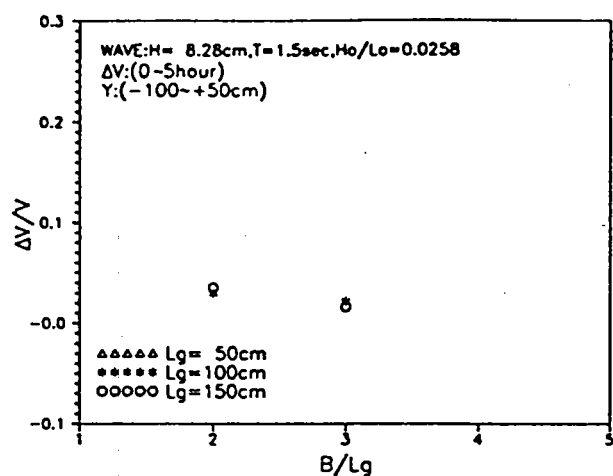


圖 5-10(a) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_0/L_0=0.0258$; 0 ~ 5 小時)

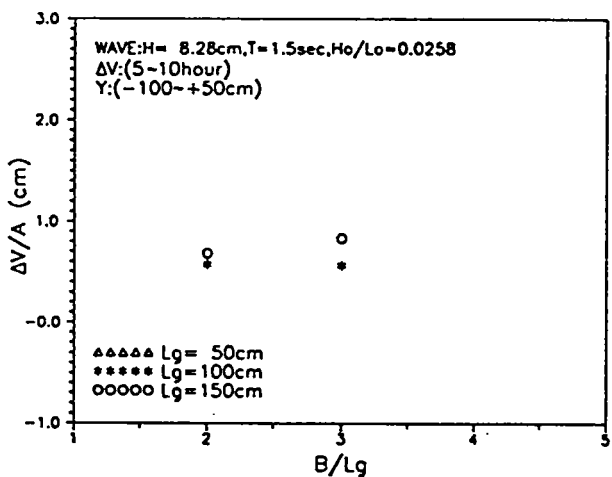
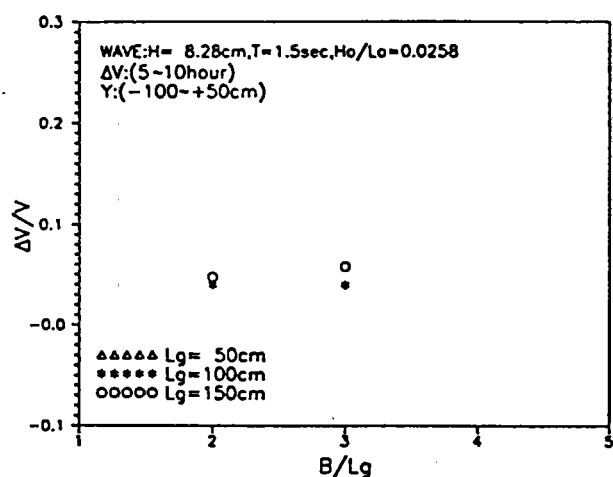


圖 5-10(b) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_0/L_0=0.0258$; 5 ~ 10 小時)

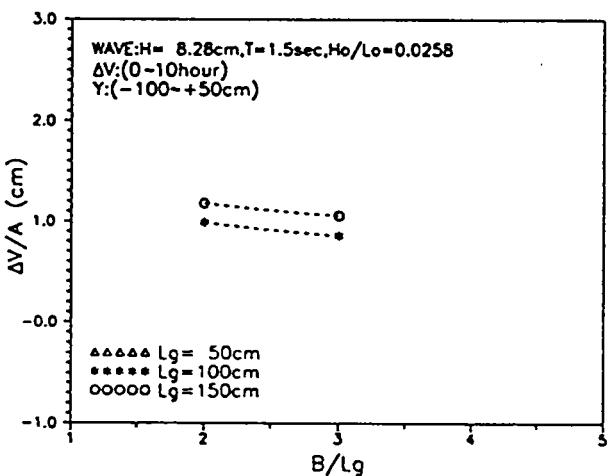
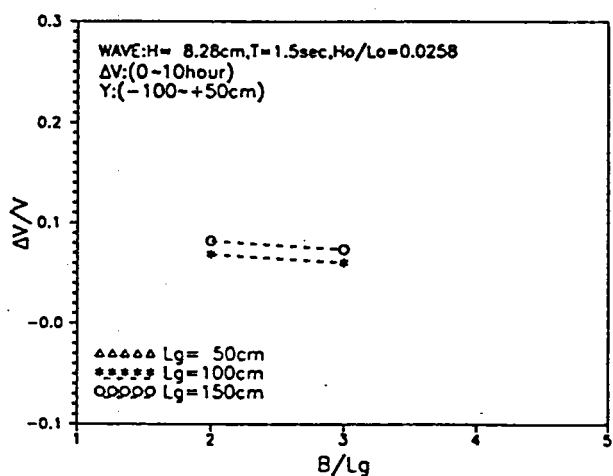


圖 5-10(c) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_0/L_0=0.0258$; 0 ~ 10 小時)

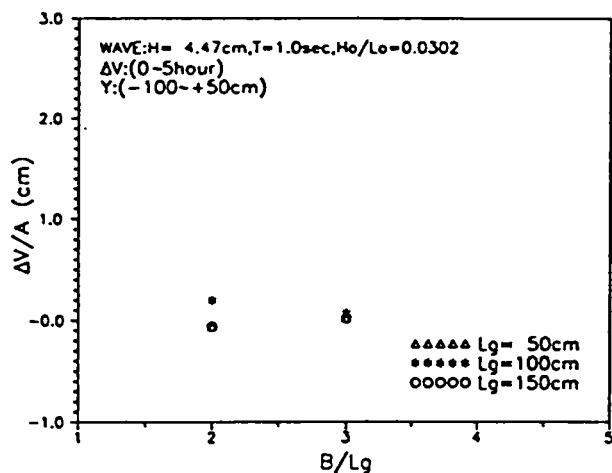
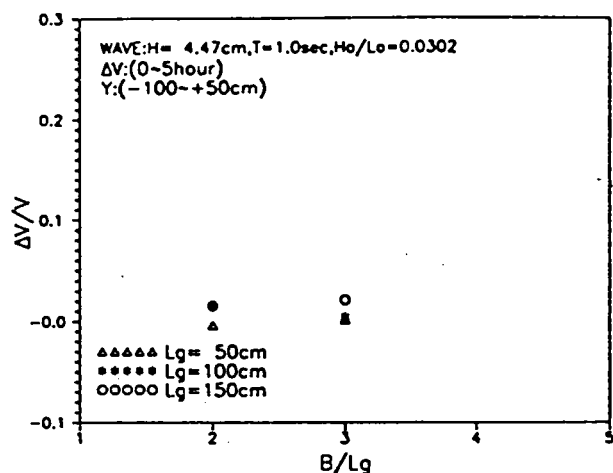


圖 5-11(a) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_0/L_0=0.0302$; 0 ~ 5 小時)

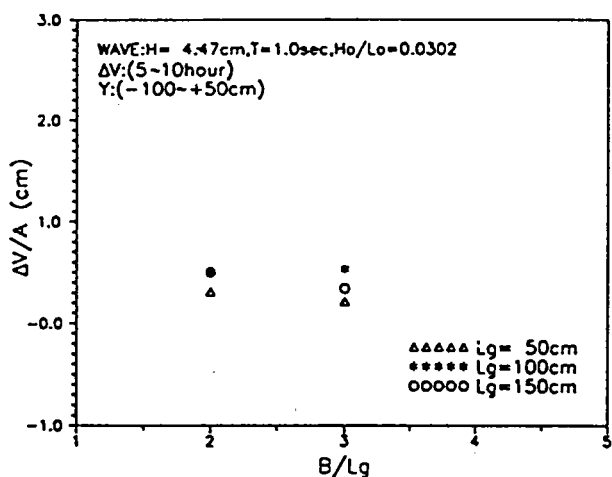
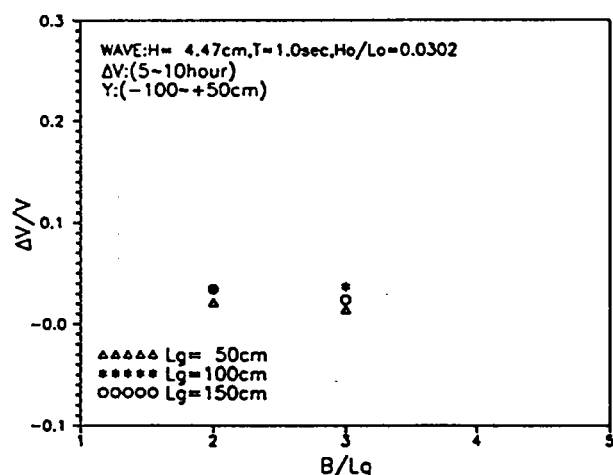


圖 5-11(b) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_0/L_0=0.0302$; 5 ~ 10 小時)

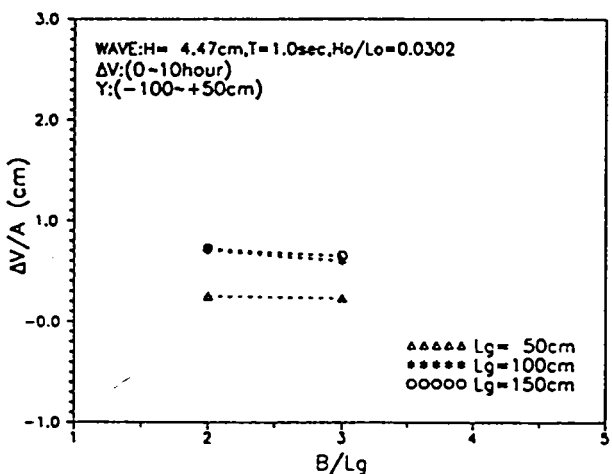
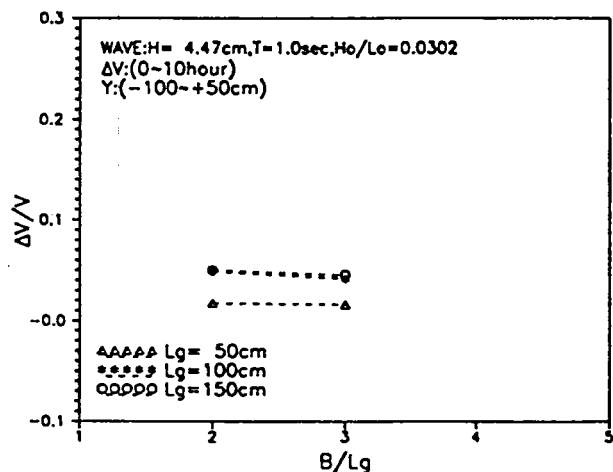


圖 5-11(c) 突堤群間距比變化對不同突堤長度之定砂效果關係圖
 ($H_0/L_0=0.0302$; 0 ~ 10 小時)

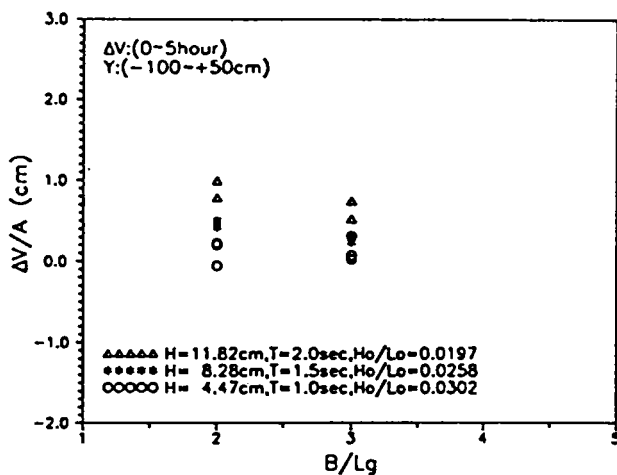
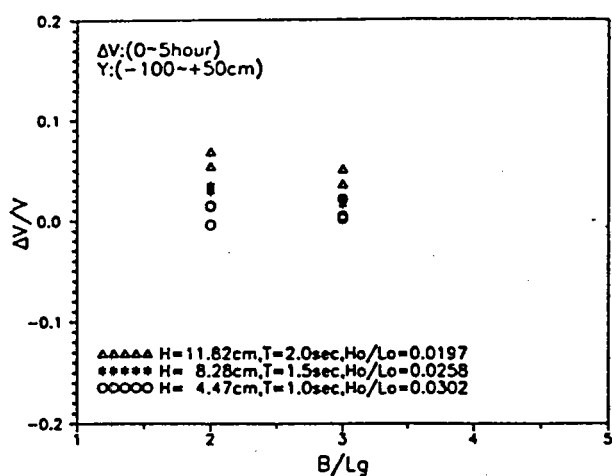


圖 5-12(a) 尖銳度變化對其突堤群定砂效果與間距比關係圖
(累積造波時間 0 ~ 5 小時)

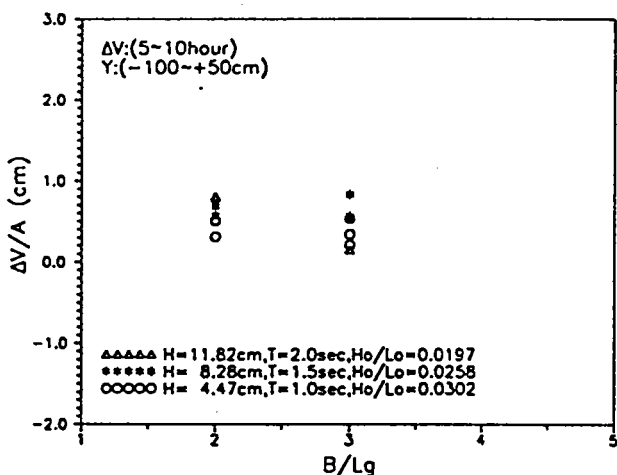
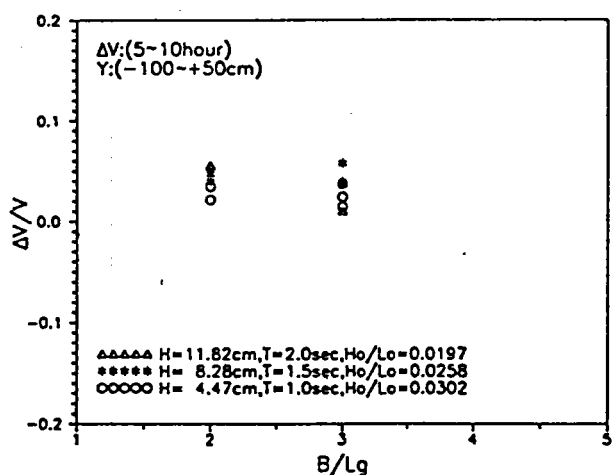


圖 5-12(b) 尖銳度變化對其突堤群定砂效果與間距比關係圖
(累積造波時間 5 ~ 10 小時)

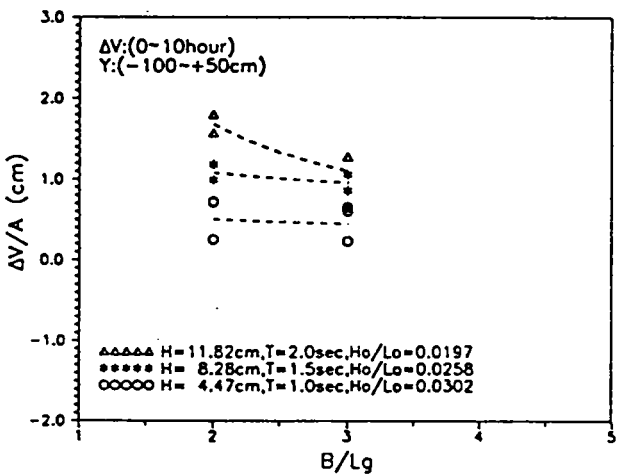
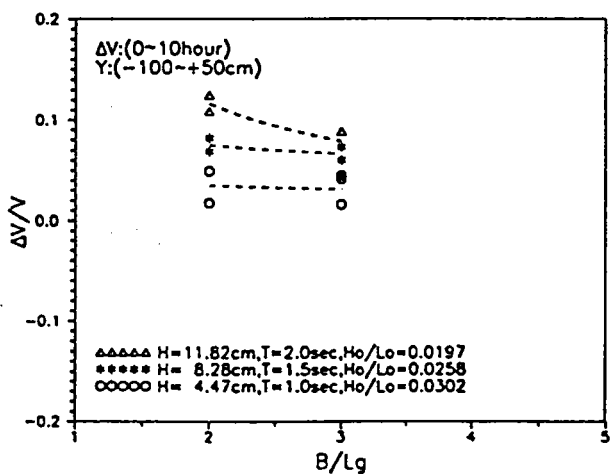


圖 5-12(c) 尖銳度變化對其突堤群定砂效果與間距比關係圖
(累積造波時間 0 ~ 10 小時)

5-2 離岸潛堤群試驗資料分析結果及討論

5-2-0 前言

離岸潛堤為海岸保護對策之一種近岸結構，有消減波能，使波浪提早碎波，對堤後的水域具有穩定之功能，進而達到穩定海灘及堤後定砂之效益。早在西元 1950 年代雖然即有相關離岸堤研究之文獻或報告，但有關離岸堤設計之準則，目前仍多憑設計者之判斷及他處實測之經驗累積而成，尚無完整之理論或規範可資參考應用；加上因其工程費用高，施工不易，維護費可觀，故以往海岸保護對策甚少採用。

隨著社會環境變遷，工程施工技術提升以及人民生活水準提高並產生對環境景觀之重視，使得近年來各先進國家佈設離岸潛堤之實例已日漸增多；但影響離岸潛堤後堆砂機構之因素頗多，除波浪折射、繞射作用外，尚有漂沙運動機構、幾何條件及海灘特性等，現象十分複雜且難以界定，惟就海岸保護而言，人們所關心者乃在於離岸潛堤後積砂情形，而其中影響較大之參數不外乎是離岸距離、離岸潛堤堤長及其相鄰之開口寬、堤頂沒水高度等。

有關離岸潛堤佈置對堤後定砂的研究，目前仍舊很少，國內目前從事這方面之研究，首推國立成功大學水利及海洋工程研究所郭金棟教授；郭金棟、王植輝(1995 年 6 月)在其「離岸潛堤群後堆砂機構之研究」報告中探討固定離岸潛堤堤長、開口寬、底床坡度及相同波浪條件(入射波高、週期)作用下，變換不同離岸距離時，所形成之堤後地形、漂沙量及水面上積砂量、堆積面積、灘線、開口處水深等變化情形，並與郭金棟、謝文凱(1994)之一般離岸堤之試驗結果比較。

研究結果顯示，離岸潛堤後定砂效果隨著離岸距離與堤長比值之增加而增加，大約在離岸距離與堤長比為 $0.6 \sim 0.7$ 倍時，潛堤堤後會有最大之淤砂量；而若考慮堤後與開口後總和之淤砂量而言，離岸潛堤約在離岸距離與堤長比為 $0.5 \sim 0.7$ 倍時，會有最大總堆積量，離岸潛堤則僅有灘線之成長，未見繫陸砂洲之形成，此與郭、謝等(1994)離岸堤試驗結果約在 $X/B=0.6 \sim 1.0$ 間較易形成繫陸砂洲兩者現象並不相同；此外，郭金棟、陳文俊(1994)以動床水工模型試驗方式於平面水池中進行試驗，探討離岸堤群間不同寬度對堤後淤沙量、淤積範圍、海岸線變化及開口處淘深情形之影響，以了解何種開口寬度可得最佳之防護效果，試驗結果顯示，當開口寬度約在深海波長之 0.265 倍或近似等於離岸堤長時，離岸堤有最大之總淤積量，最大總淤砂量約可達堤進水體積之兩倍左右。

故綜合以上郭金棟教授等(1993、1994、1995)對離岸堤群以及離岸潛堤研究成果，本研究離岸潛堤群堤長選定為 $L_b=160\text{cm}$ ；設置離岸距離選定為 $X=100\text{cm}$ ；潛堤設置高度剛好在平均水位 $d=40\text{cm}$ 上，針對離岸潛堤群堤間距 G 為 40cm 、 80cm 、 120cm 、 160cm 以及 200cm 等即 G/L_b 為 0.25 、 0.50 、 0.75 、 1.0 以及 1.25 等五種配置分別就有離岸潛堤配置、無離岸潛堤配置、有潮差變化($\pm 2\text{cm}/26\text{min}$)以及無潮差變化(即平均水位)等組合，共進行 20 個 Run 次試驗，相關離岸潛堤群配置方式、試驗條件以及試驗配置與參數示意圖等分別詳如表 4-4、表 4-5 以及圖 5-13 等所示。

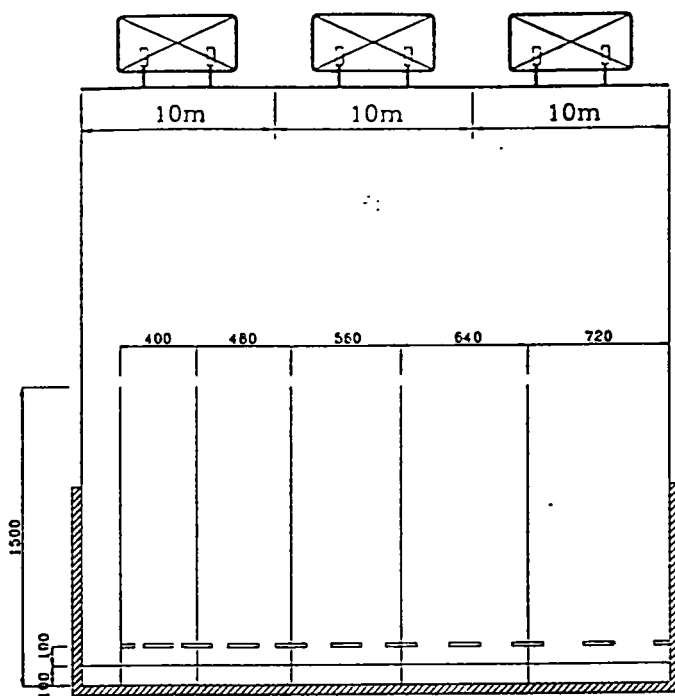


圖 5-13(a) 離岸潛堤群試驗配置圖

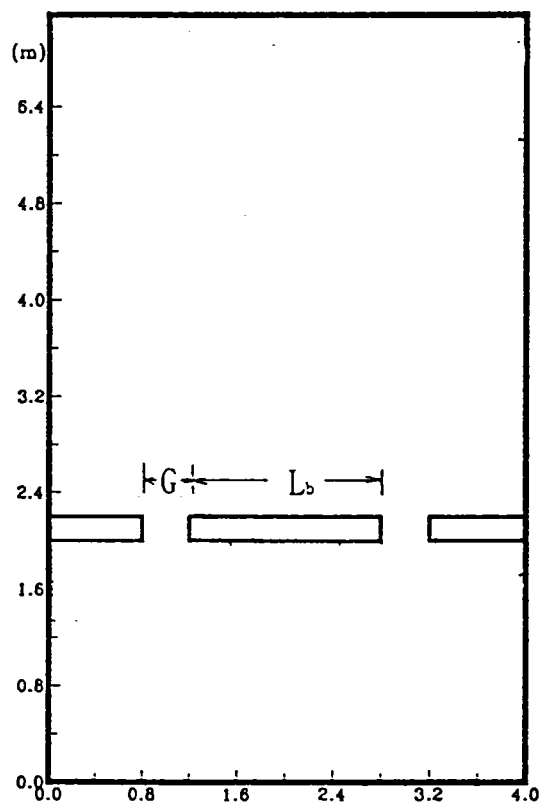


圖 5-13(b) 離岸潛堤群試驗參數示意圖

5-2-1 離岸潛堤群附近地形變化分析

圖 5-14(a)與(b)～圖 5-18(a)與(b)分別為本次離岸潛堤群試驗研究，在潛堤開口寬度(G)與潛堤堤長(L_b)之間距比即 $G/L_b=0.25$ 、 0.50 、 0.75 、 1.00 以及 1.25 等五種配置試驗，其 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 、以及 -10cm 等深線在不同累積造波時段 0 小時、10 小時與 20 小時之地形變化；圖中(a)與(b)表在無潛堤配置與有潛堤配置分別考慮無潮差變化(上圖)與有潮差變化(下圖)之試驗結果。

(一)間距比 $G/L_b=0.25$ 試驗結果

在無離岸潛堤配置情況，間距比 $G/L_b=0.25$ 試驗結果顯示，其 $\pm 0\text{cm}$ 等深線(即灘線)在累積造波 10 小時後，即呈淤積現象，灘線明顯往離岸方向外移，在另外 10 個小時累積造波時間則 $\pm 0\text{cm}$ 等深線即無明顯差異，此趨勢以無潮差變化試驗結果較為顯著；惟其 -5cm 以及 -10cm 等深線則明顯向岸側內移呈侵蝕狀，並以 -10cm 等深線更為明顯，如圖 5-14(a)中所示。

在有離岸潛堤配置情況，間距比 $G/L_b=0.25$ 試驗結果顯示，其 $\pm 0\text{cm}$ 灘線，當累積造波 10 小時後即呈淤積現象，灘線往離岸方向外移；無潮差變化試驗情況，其 $\pm 0\text{cm}$ 灘線前進速度則較有潮差變化試驗情況為快；惟當造波另外 10 小時後，即累積造波時段達 20 小時後，無潮差變化試驗情況其 $\pm 0\text{cm}$ 灘線無明顯變化，但有潮差變化試驗情況，則其 $\pm 0\text{cm}$ 灘線則有繼續前進趨勢；至於在離岸潛堤前面 -5cm 與 -10cm 等水深線，試驗結果顯示兩者試驗情況均呈侵蝕狀，如圖 5-14(b)中所示。

(二)間距比 $G/L_b=0.50$ 試驗情況

間距比 $G/L_b=0.50$ 與 0.25 兩種試驗情況差異，除因該試驗配置斷面水槽位處第二區，其寬度由 $G/L_b=0.25$ 時之 4m 寬增加為 4.8m，致使入射波浪波高分佈因受邊界範圍影響呈左邊波高稍大，右邊波高較小之不均勻分佈狀況外，其深海入射波高亦較 5 支率定試驗波高平均值為小。故在累積造波時間分別達 10 個小時以及 20 個小時後，有潮差變化試驗情況試驗結果顯示，離岸潛堤群左邊潛堤開口地形後呈侵蝕，右邊開口後地形則呈淤積；惟無潮差變化情況試驗結果顯示，在累積造波時間達 20 個小時後，其 $\pm 0\text{cm}$ 灘線已快接近離岸潛堤群其右邊潛堤，而離岸潛堤群前面之 -5cm 、 -10cm 等深線試驗結果在累積造波時間達 10 個小時後即已最嚴重侵蝕，如圖 5-15(b)中所示。

(三)間距比 $G/L_b=0.75$ 試驗情況

間距比 $G/L_b=0.75$ 試驗斷面水槽位處整個試驗配置中間部份，水槽寬度已增加到 5.6m 寬，因受整體試驗水槽配置邊界影響，該區入射深海波浪其波高較本次試驗 5 支深海波率定平均值為大，且波峰線兩邊波高分佈亦不一致，此現象使得在無離岸潛堤群試驗情況中，無論 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 或 -10cm 等深線變化均呈不對稱性，該現象尤其是在無潮差變化試驗情況特別明顯；整個試驗結果顯示，離岸潛堤後面 $\pm 0\text{cm}$ 灘線在累積造波時間達 10 個小時後即呈穩定狀態且其灘線已快接近左側之離岸潛堤，如圖 5-16(b)中所示。

(四)間距比 $G/L_b=1.00$ 試驗情況

間距比 $G/L_b=1.00$ 試驗情況，雖然斷面水槽寬度為 6.4m，但該區入射深海波浪其波高亦較深海波率定平均值為小，試驗結果顯示，該配置不論是在有潮差變化抑或無潮差變化試驗情況，其離岸潛堤群後±0cm 灘線在累積造波時間 10 個小時後即達穩定呈淤積趨勢，堤後灘線往離岸方向延伸，然其定砂效果並未若間距比 $G/L_b=0.75$ 試驗情況來得顯著，如圖 5-17(b)中所示。

(五) 間距比 $G/L_b=1.25$ 試驗情況

間距比 $G/L_b=1.25$ 試驗情況在整個試驗配置中，其斷面水槽寬度最寬達 7.2m，試驗結果顯示，不論是在有、無潮差變化試驗情況，其離岸潛堤群後±0cm 灘線均往離岸方向延伸呈淤積趨勢。如圖 5-18(b)中示。

綜合以上五種不同離岸潛堤群間距比 G/L_b 試驗情況，若以離岸潛堤群後其±0cm 灘線成長趨勢作為評比考量，則試驗結果顯示：(1)對無潮差變化試驗情況以間距比 $G/L_b=0.75$ 較佳；(2)對有潮差變化試驗情況則以間距比 $G/L_b=1.25$ 較佳。

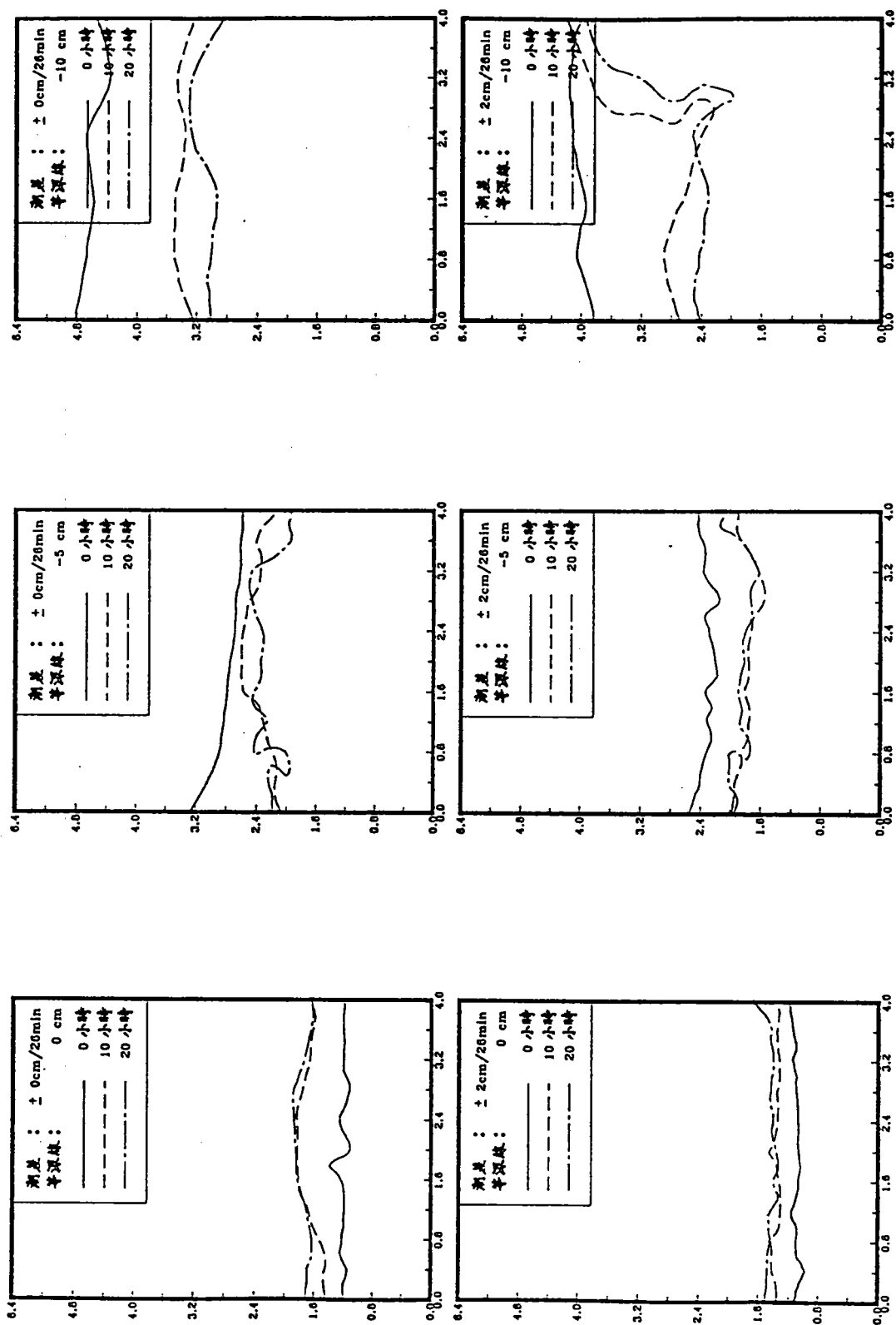


圖 5-14(a) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

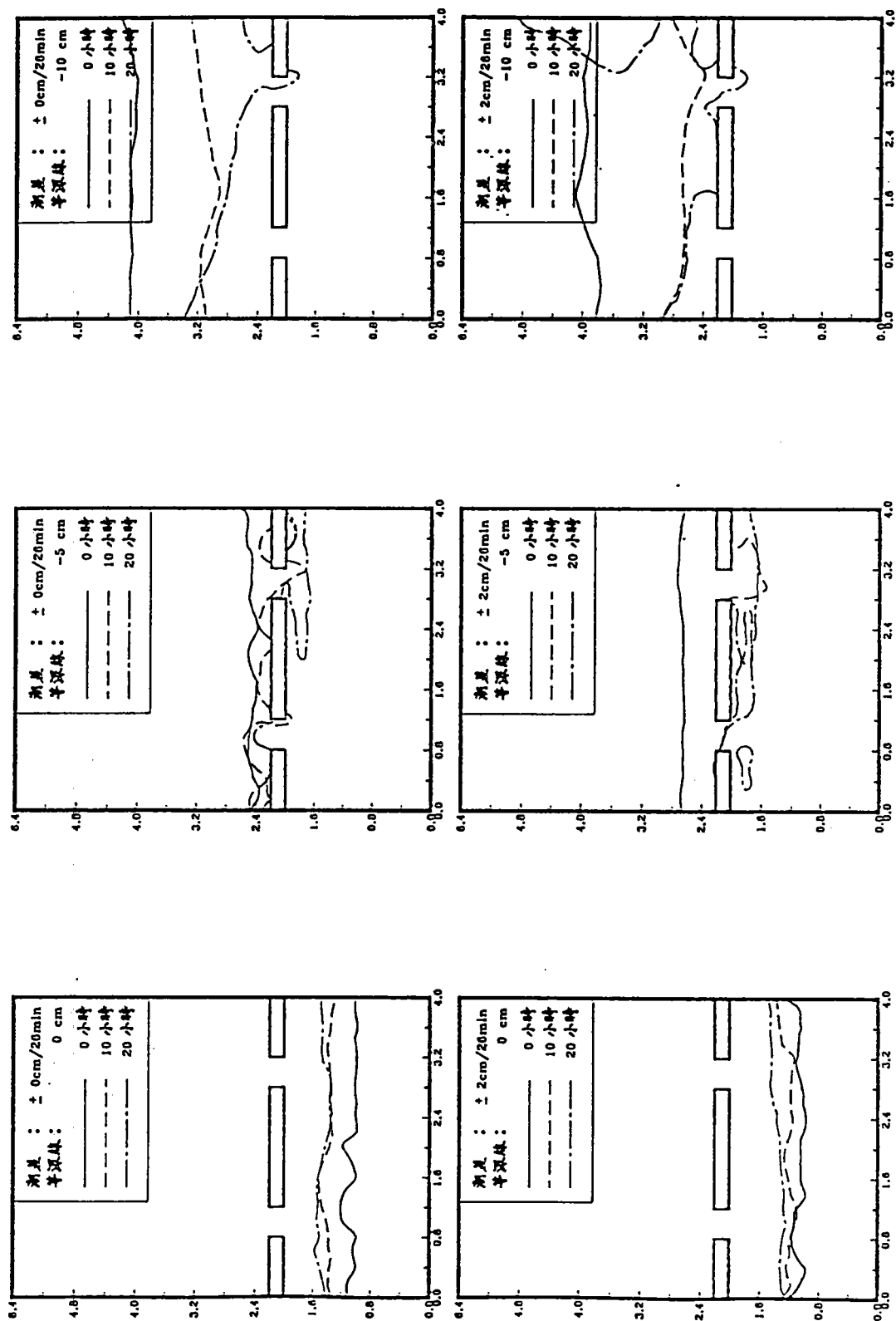


圖 5-14(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_b=0.25$)

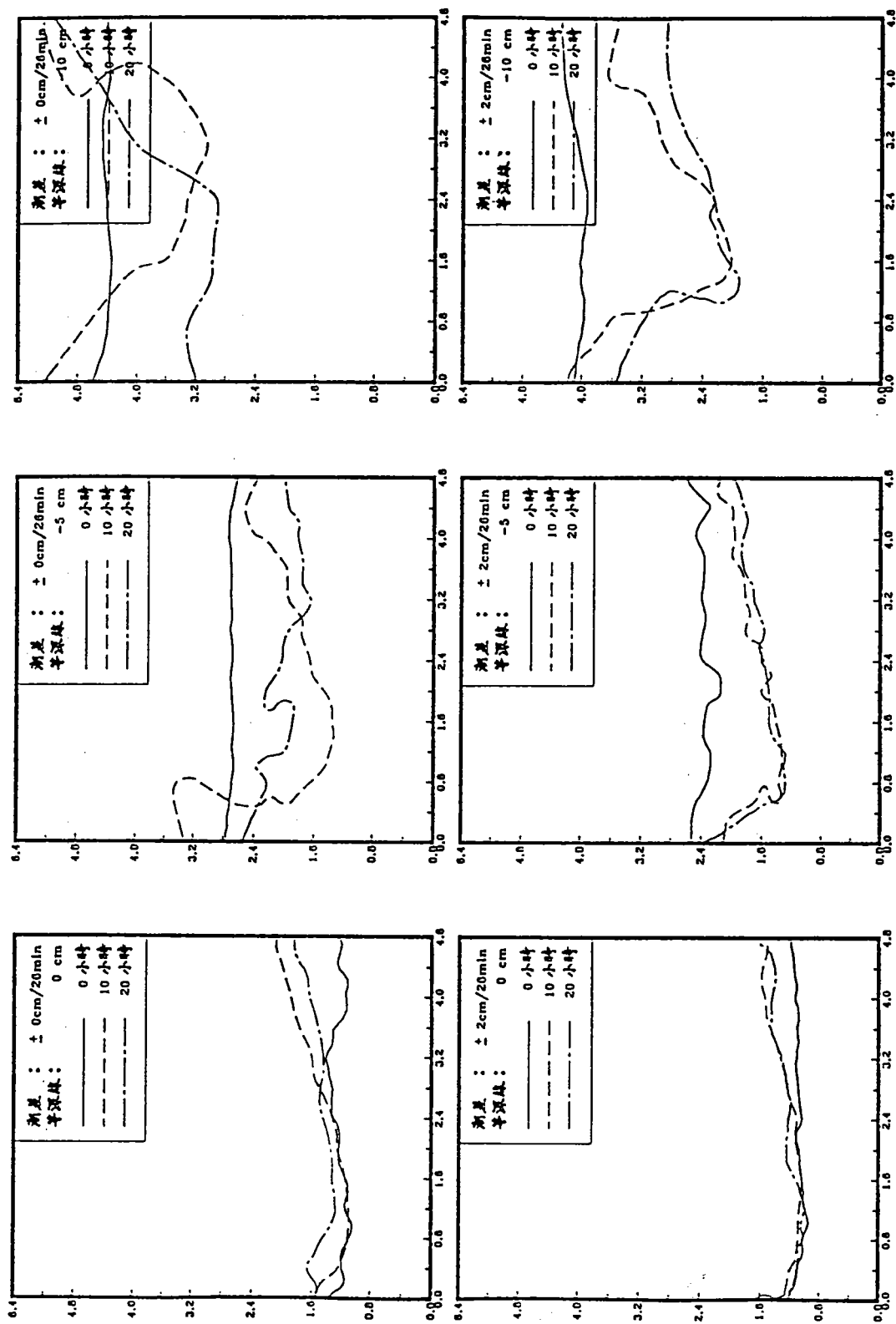


圖 5-15(a) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

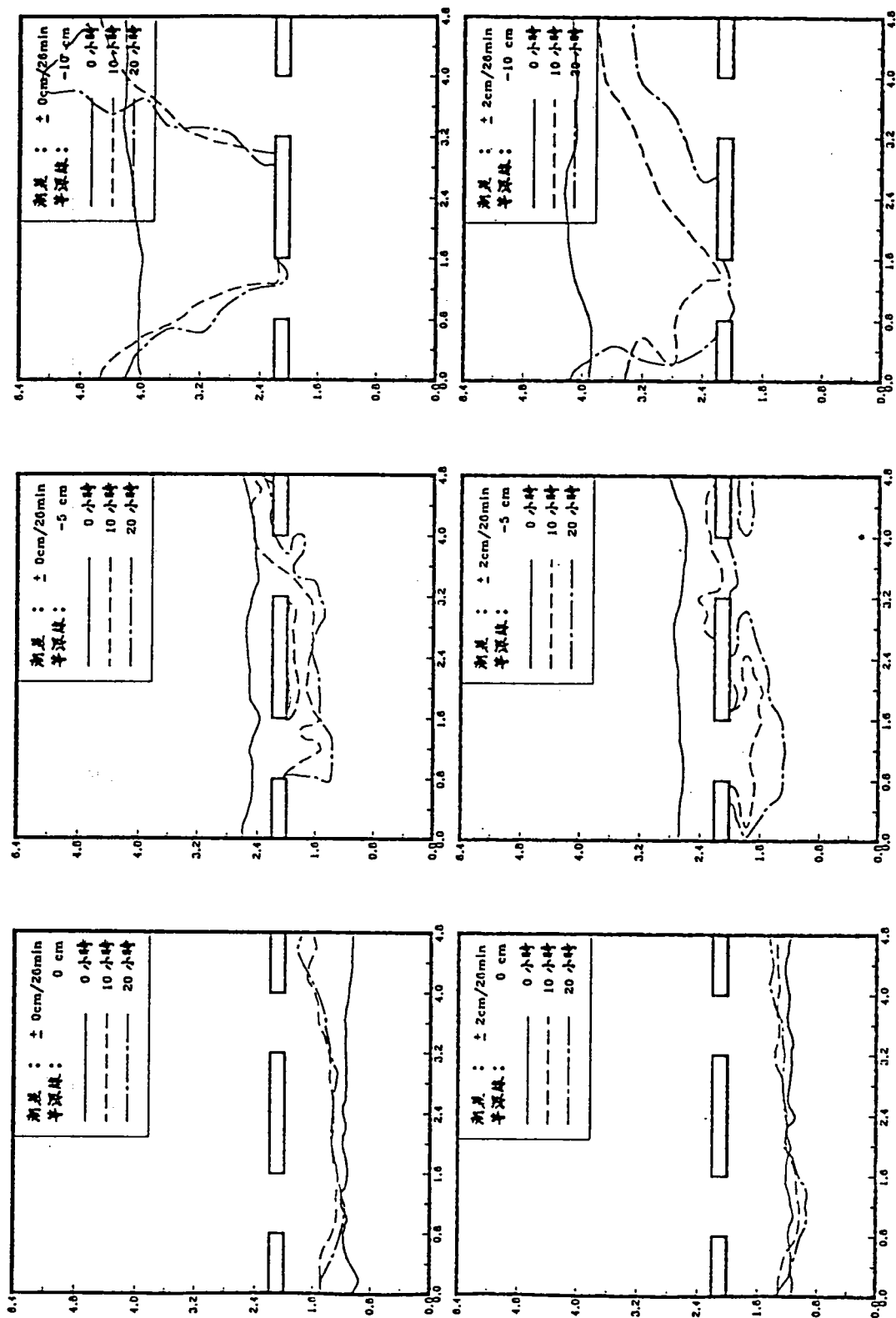


圖 5-15(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0 \text{ cm}$ 、 -5 cm 以及 -10 cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_0=0.50$)

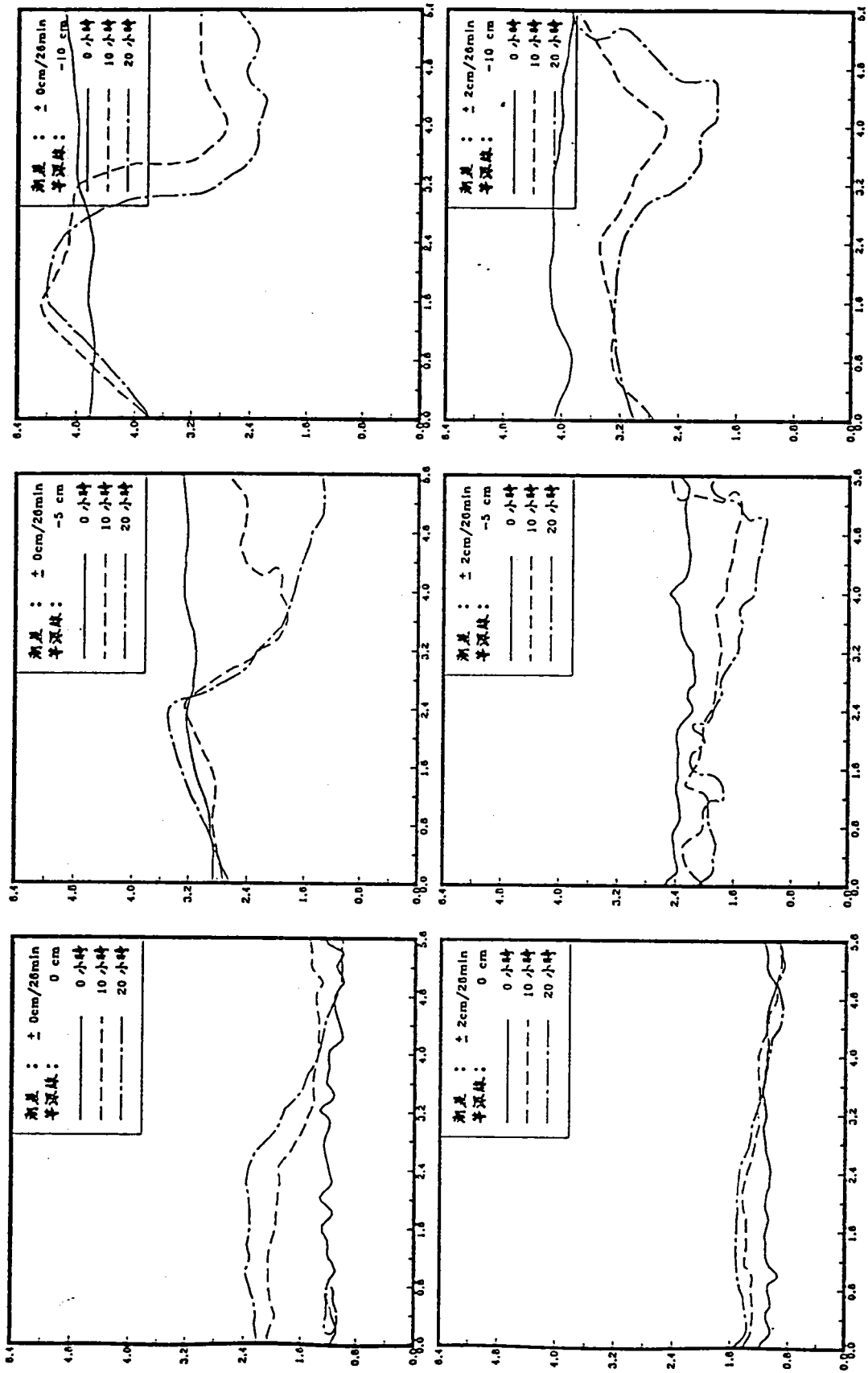


圖 5-16(a) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

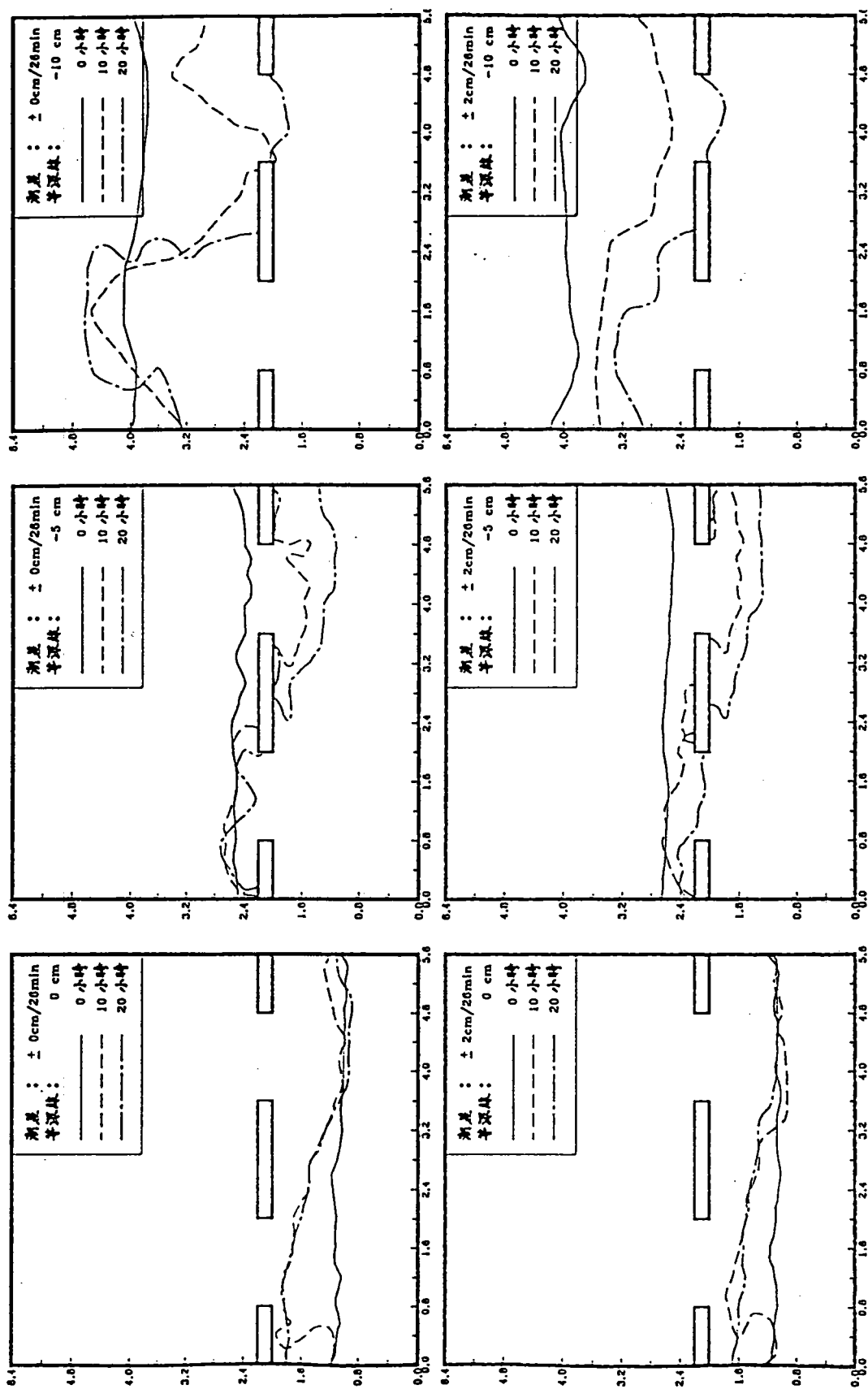


圖 5-16(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 $\pm 5\text{cm}$ 以及 $\pm 10\text{cm}$ 等水深線變化歷時圖
($G/L_b=0.75$)

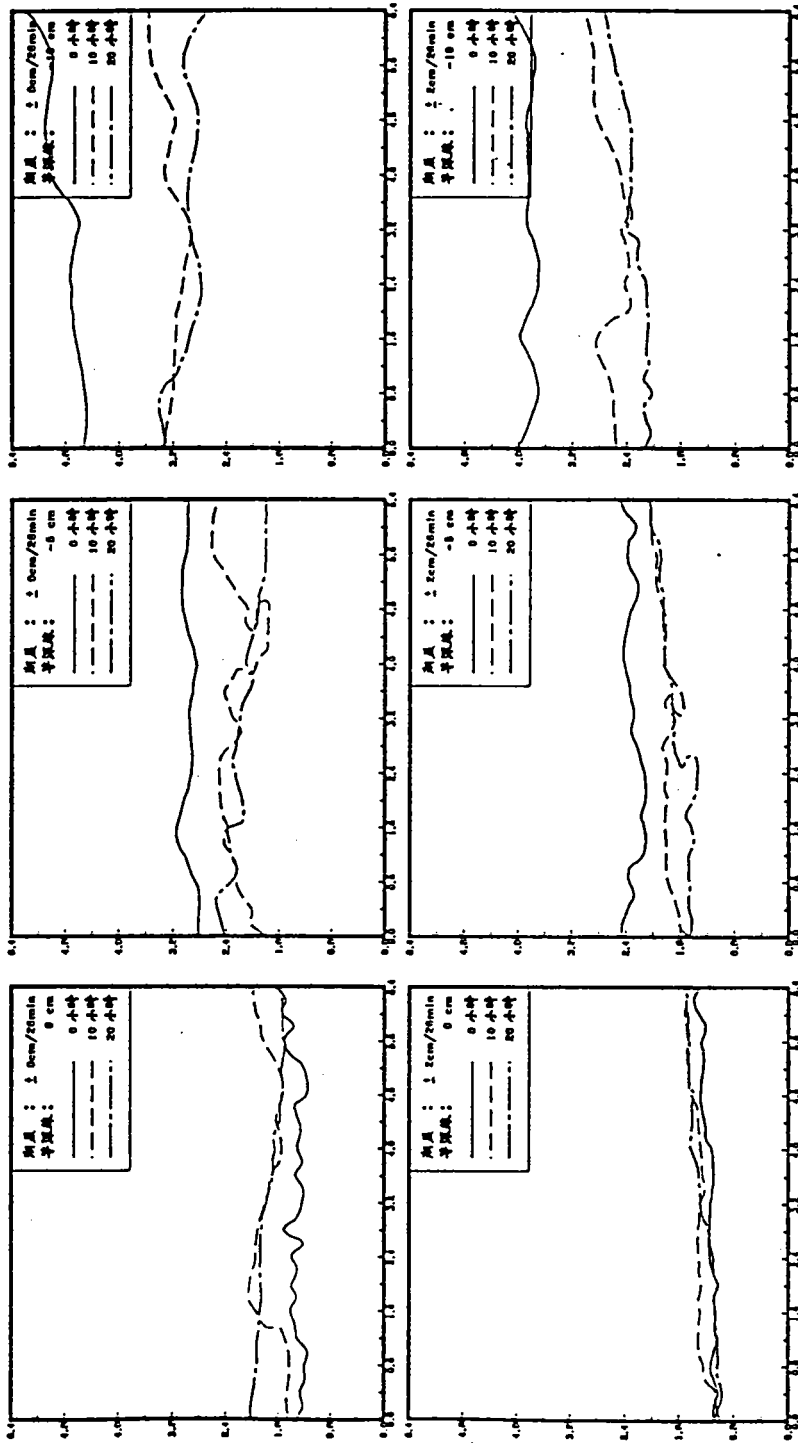


圖 5-17(a) 離岸潛堤附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

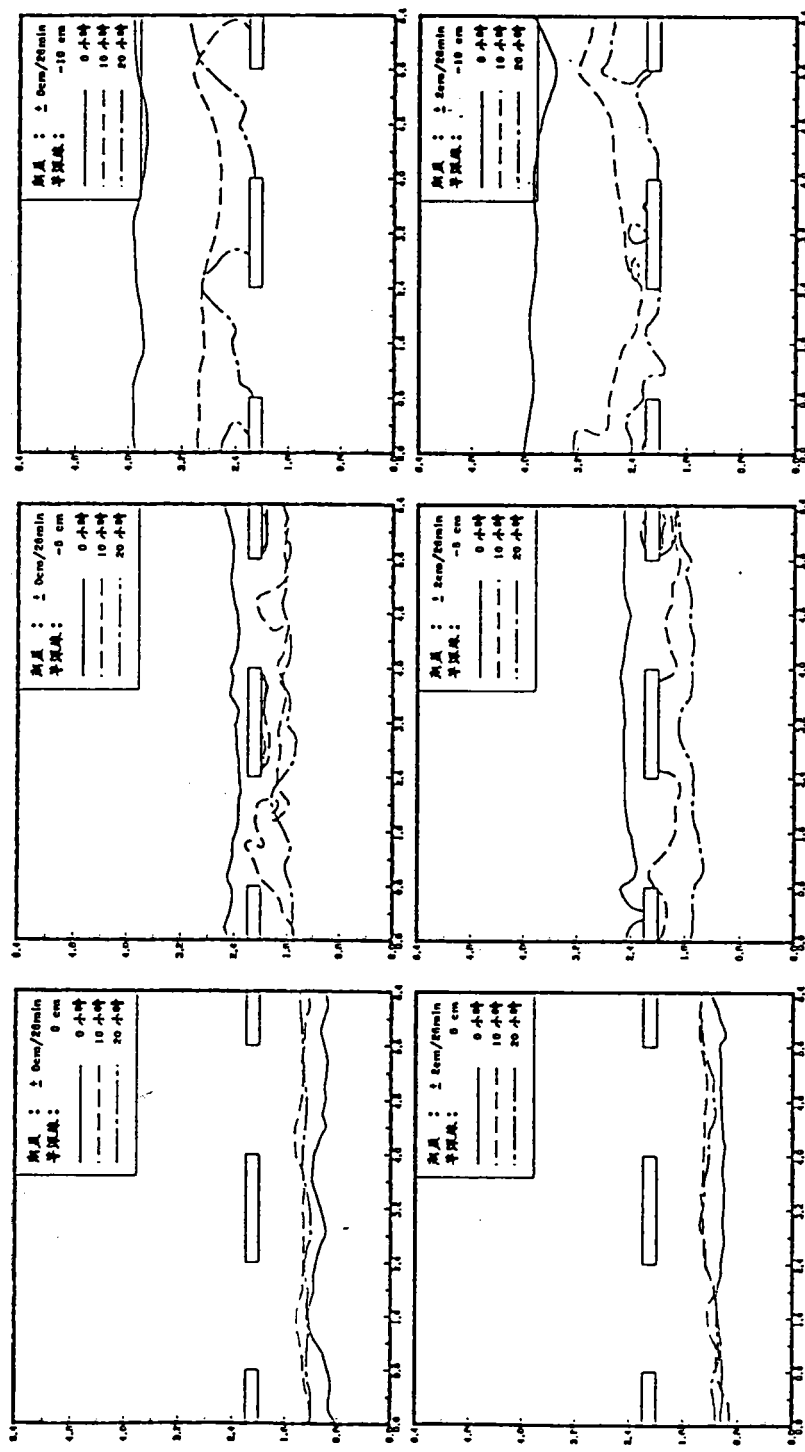


圖 5-17(b) 離岸潛堤群附近±0cm、-5cm 以及-10cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_0=1.00$)

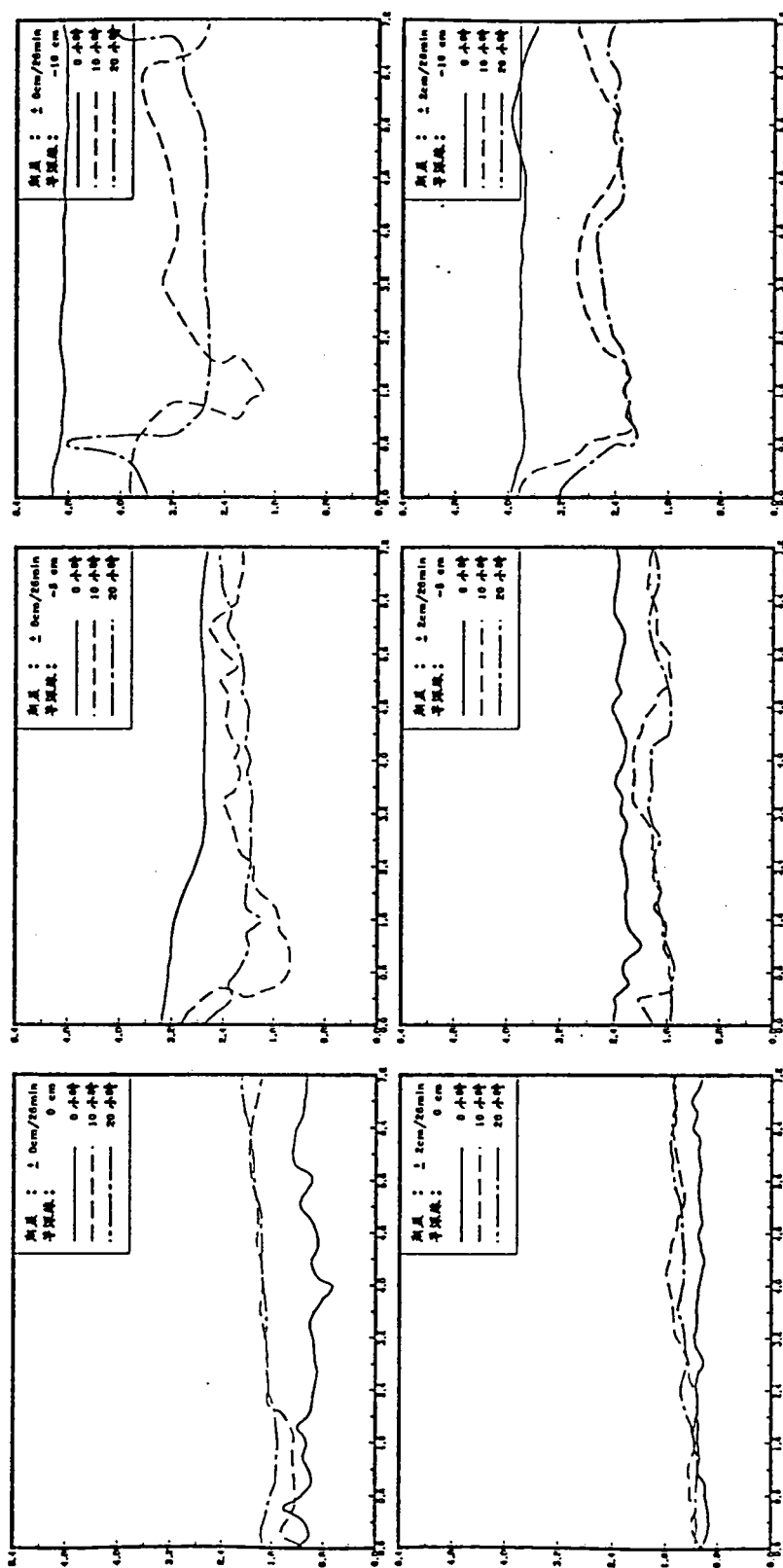


圖 5-18(a) 離岸潛堤群附近 ± 0 cm、-5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
(無潛堤試驗情況)

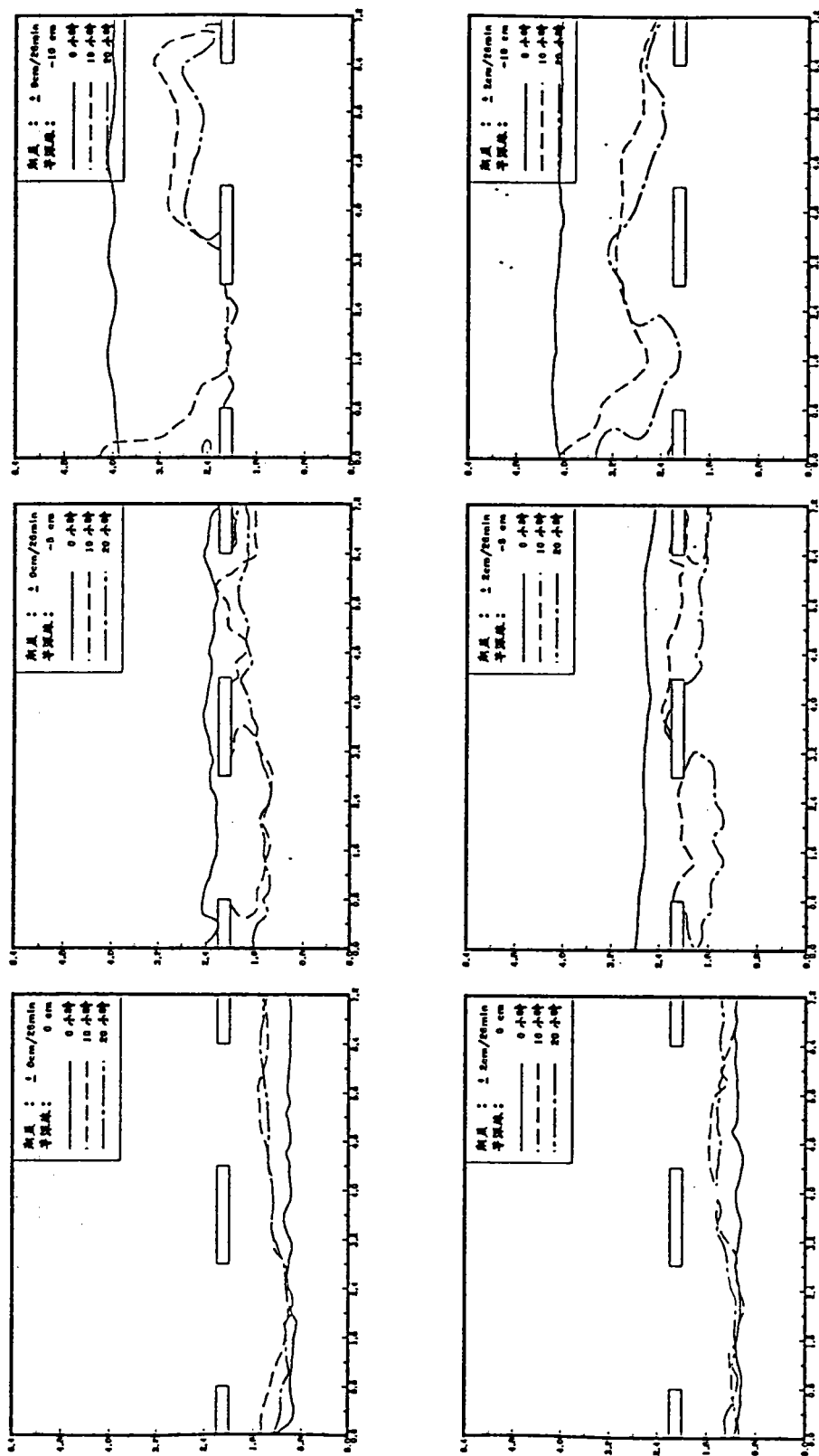


圖 5-18(b) 離岸潛堤群附近 $\pm 0\text{cm}$ 、 -5cm 以及 -10cm 等水深線變化歷時圖
($G/L_b=1.25$)

5-2-2 離岸潛堤群斷面水深變化分析

圖 5-19 ～圖 5-22 為本離岸潛堤群試驗研究，取各不同間距比潛堤群配置中心斷面，分別考量(1)無堤、無潮差變化、(2)無堤、有潮差變化、(3)有堤、無潮差變化以及(4)有堤、有潮差變化等四種試驗情況，在不同累積造波時段 0 小時、5 小時、10 小時、15 小時以及 20 小時等所作水深歷時變化分析結果；圖中(a)、(b)、(c)、(d)以及(e)等分別為不同間距比($G/L_b=0.25$ 、 0.50 、 0.75 、 1.00 以及 1.25 等)其斷面水深歷時變化圖。

試驗結果顯示，在無堤試驗情況，潮差變化所產生試驗結果之差異性主要有二，分別為：

- (1)岸邊堆積沙洲高程較無潮差變化試驗者為高且沙洲坡度較為陡峻
- (2)惟 $\pm 0\text{cm}$ 灘線往離岸方向延伸趨勢，則不如無潮差變化試驗結果來得顯著，如圖 5-19 與圖 5-20 中(a)～(e)圖所示。

其次，對各種不同間距比(G/L_b)之離岸潛堤群，若以潛堤後初期地形之安定性作為評比考量，則

- (1)無潮差變化情況試驗結果，則以間距比 $G/L_b=0.75$ 效果較佳，如圖 5-21(c)中示。
- (2)有潮差變化情況試驗結果則以間距比 $G/L_b=1.25$ 效果較佳，如圖 5-22(e)中所示。

故根據離岸潛堤群斷面水深變化分析結果所獲致結論與前面章節所述，若以離岸潛堤群後，其 $\pm 0\text{cm}$ 灘線成長趨勢作為評比考量，所得結論是一致的。

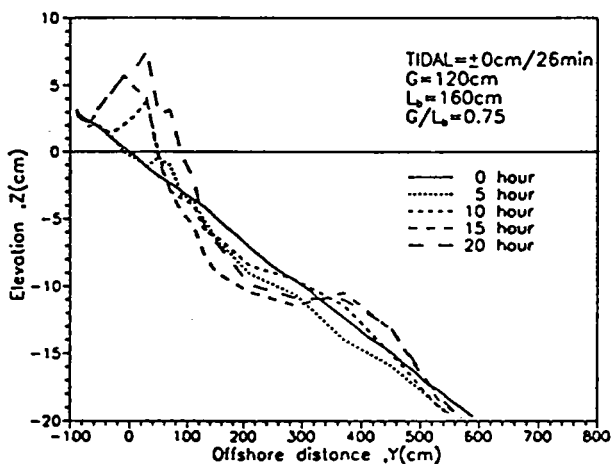
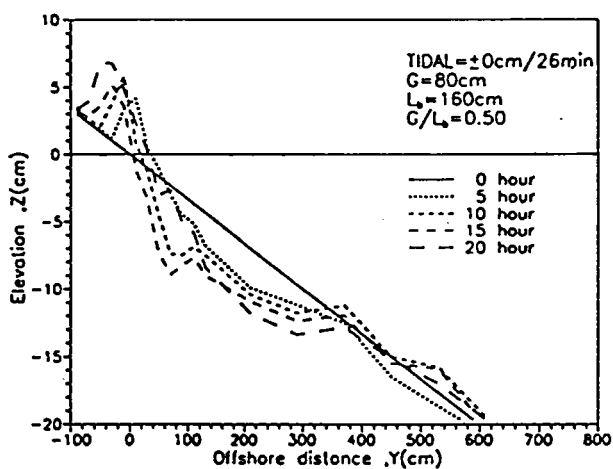
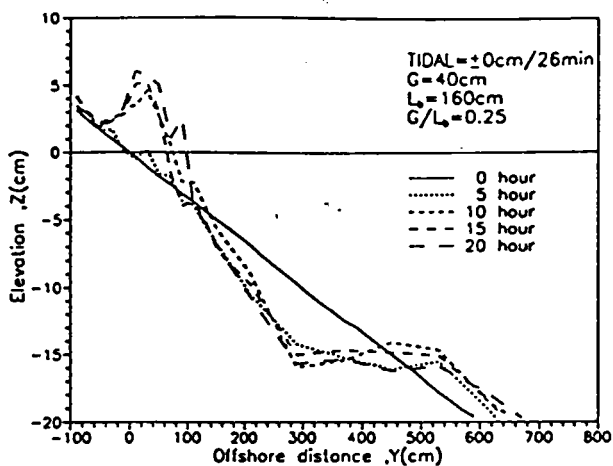


圖 5-19 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
 (無潛堤、無潮差變化)

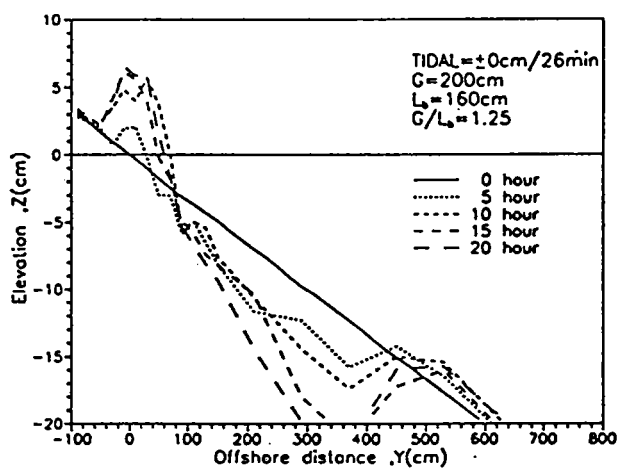
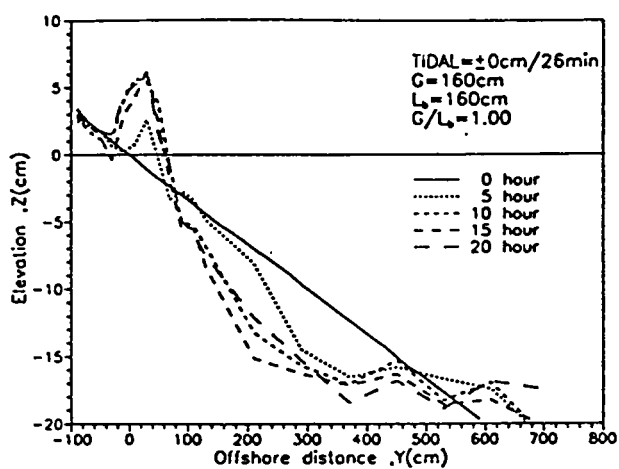


圖 5-19(續) 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
 (無潛堤、無潮差變化)

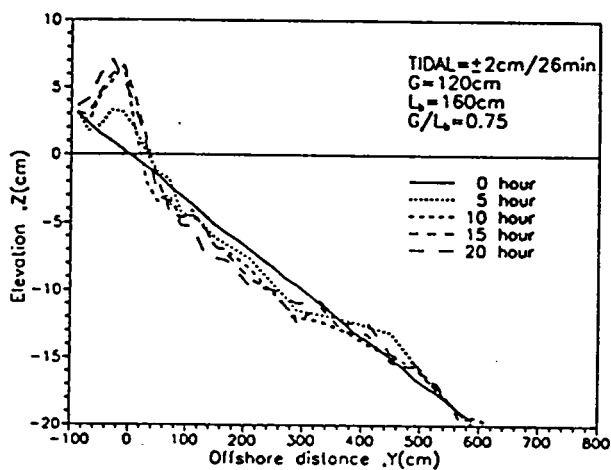
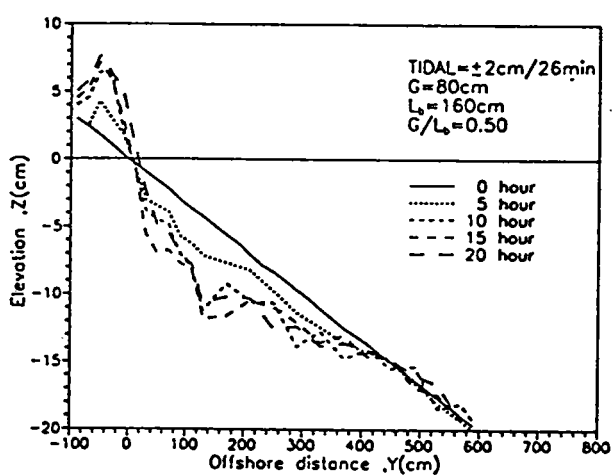
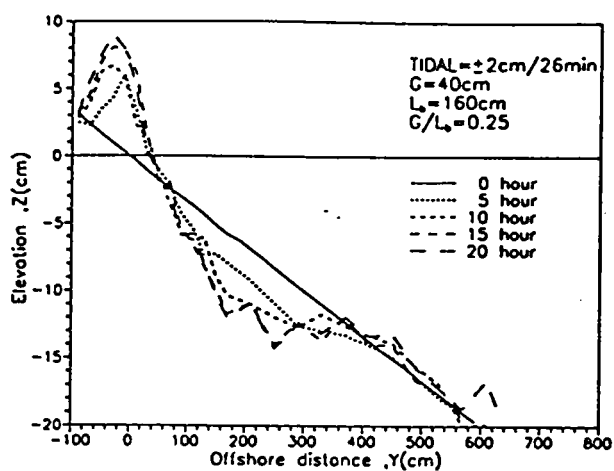


圖 5-20 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
 (無潛堤、有潮差變化)

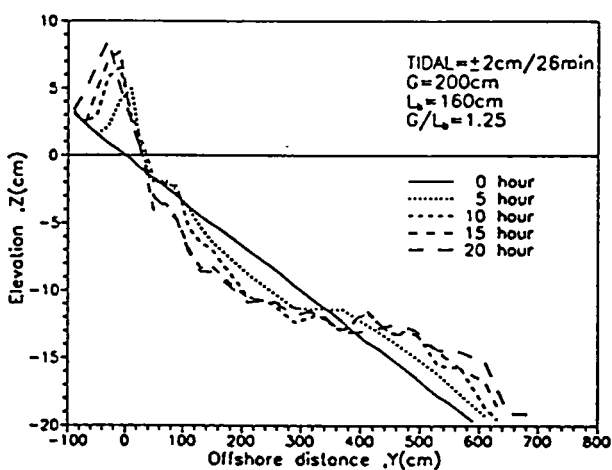
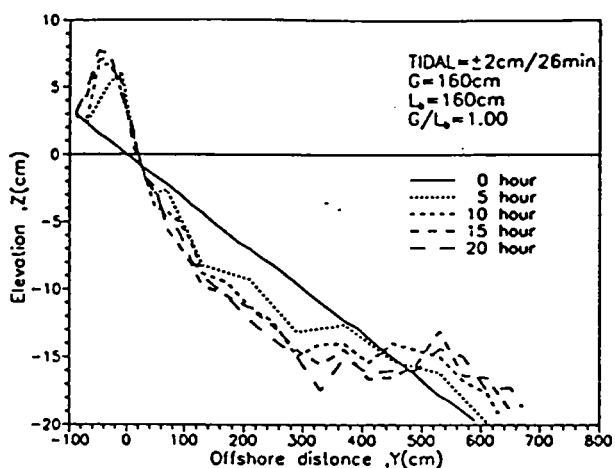


圖 5-20(續) 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
 (無潛堤、有潮差變化)

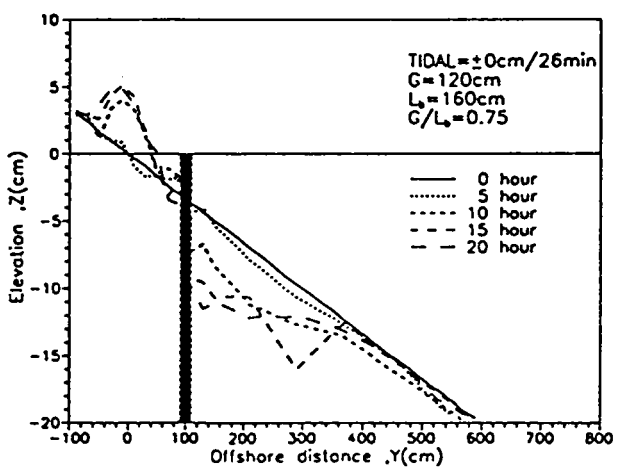
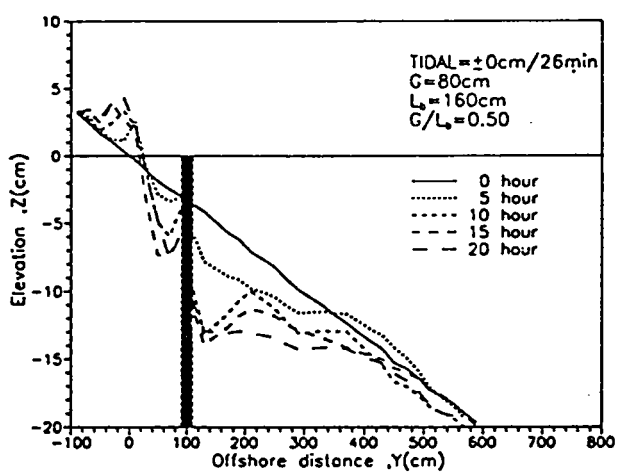
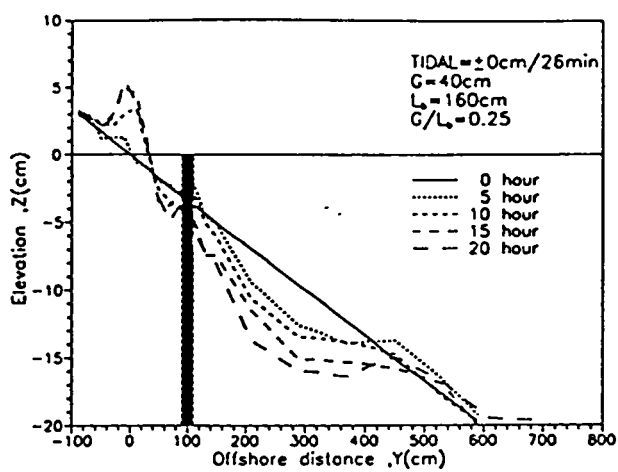


圖 5-21 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
 (有潛堤、無潮差變化)

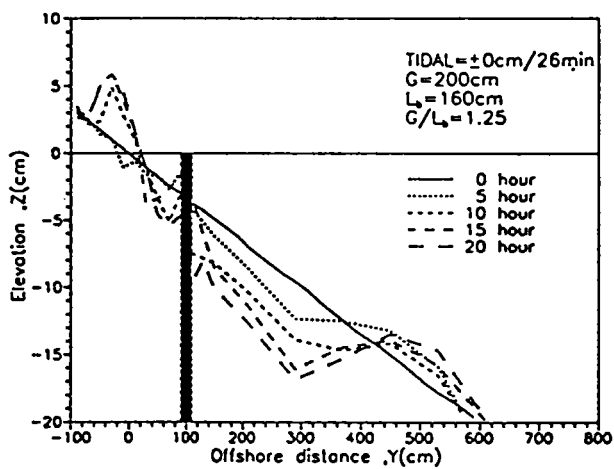
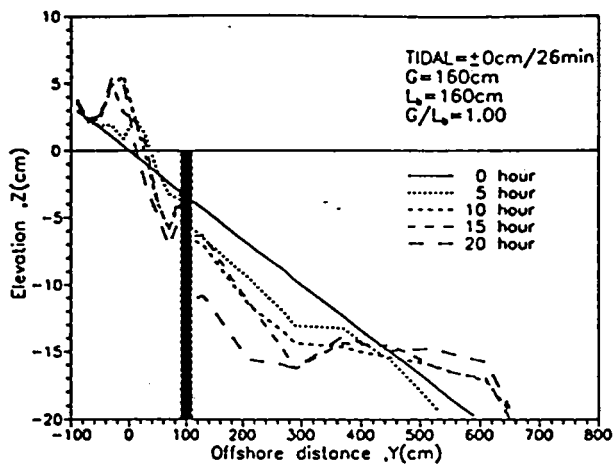


圖 5-21(續) 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(有潛堤、無潮差變化)

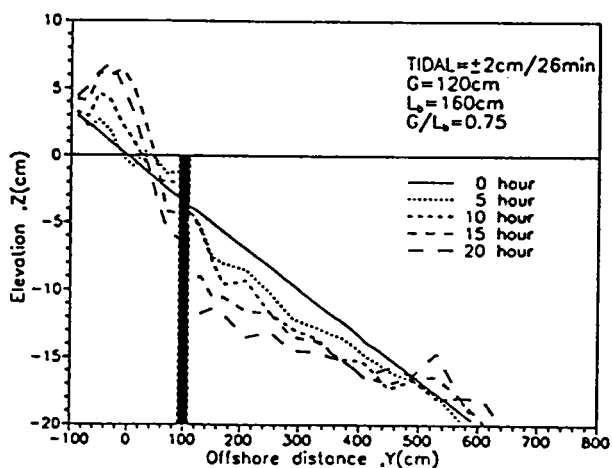
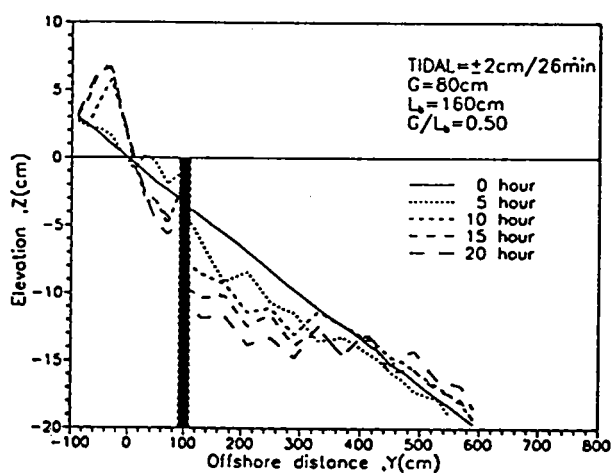
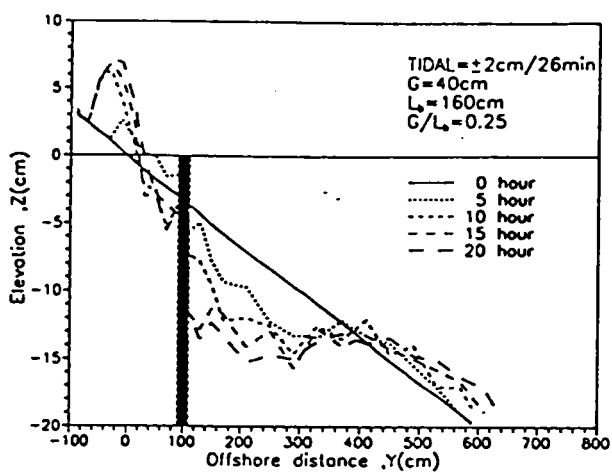


圖 5-22 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
 (有潛堤、有潮差變化)

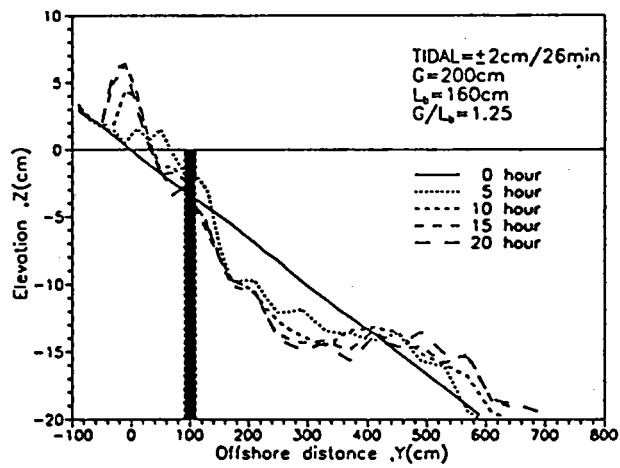
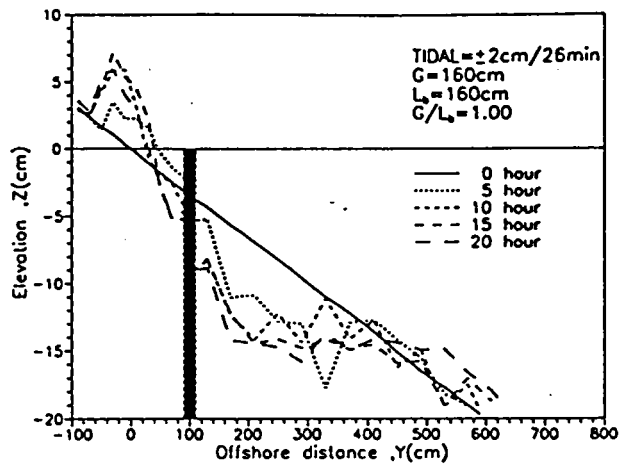


圖 5-22(續) 離岸潛堤群不同間距比斷面水深變化歷時圖
(有潛堤、有潮差變化)

5-2-3 離岸潛堤群不同間距比對其定砂效果比較分析

離岸潛堤群設置目的，旨在保護潛堤後方灘線之安定及其定砂效果，俾保護海岸免遭破壞；本次試驗研究，有關離岸潛堤群其不同潛堤間距(G)與潛堤長度(L_b)之間距比(G/L_b)，考量無潮差變化與有潮差變化兩種試驗情況之定砂效應，其分析結果如圖 5-23(a)與(b)中示，此處 ΔV 表離岸潛堤後在不同累積造波時段土砂變化量， V 表離岸潛堤後之通水體積。

本次試驗結果顯示，該五種不同間距比之離岸潛堤群試驗，不論有無潮差變化，離岸潛堤群之設置，對其堤後定砂作用均呈正面效應，惟試驗結果顯示，仍以間距比 $G/L_b=0.75$ 時其定砂效應為佳，最大總淤砂量約可達堤後通水體積之兩倍左右；此結論與郭金棟、陳文俊(1994)在其「彌陀海岸侵蝕防治之研究(三)」研究報告中，對離岸堤研究結果所獲致結論一致，但其所獲另一結論為當離岸堤開口寬度約等於離岸堤長時，即間距比 $G/L_b=1.00$ 時，離岸堤後最後有最大之總淤砂量，但離岸潛堤群試驗研究所獲結論為當間距比 $G/L_b=0.75$ 時，潛堤有最大之定砂效應，此為兩者差異。

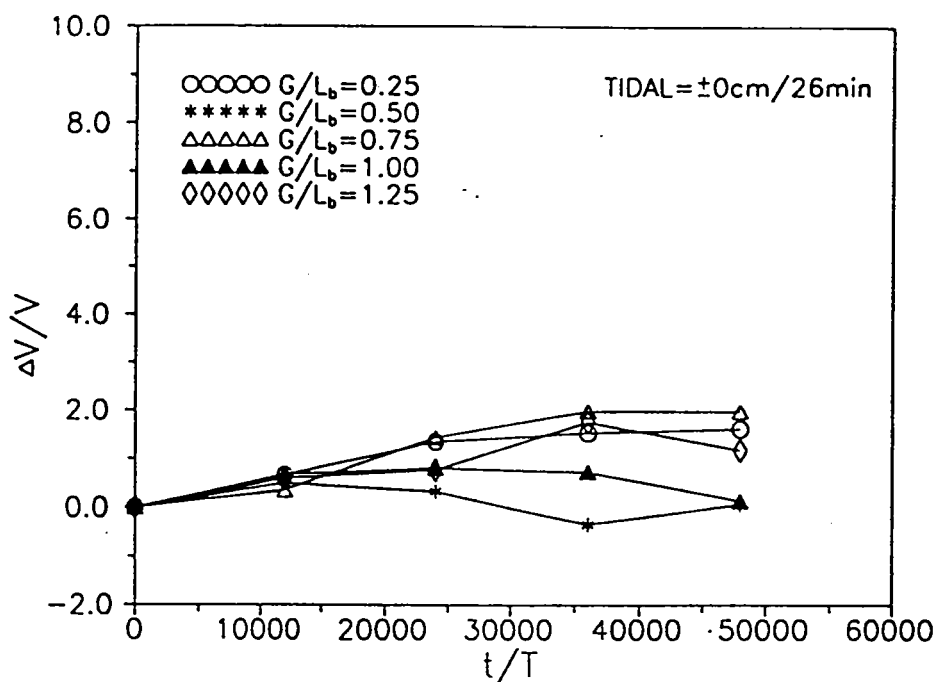


圖 5-23(a) 不同間距比對離岸潛堤群不同累積造波延時定砂效果關係圖
(無潮差變化)

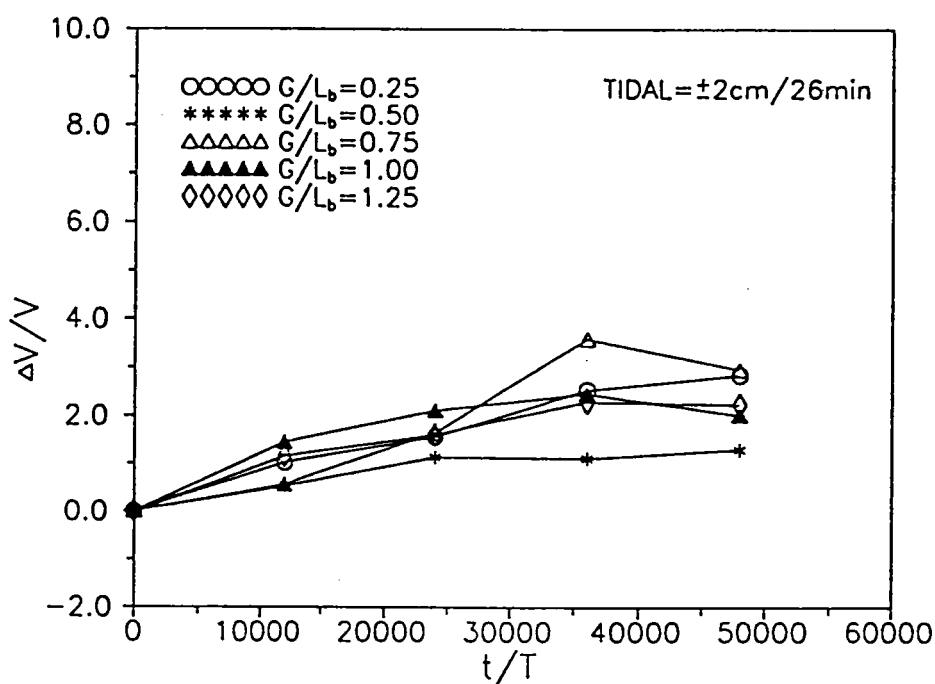


圖 5-23(b) 不同間距比對離岸潛堤群不同累積造波延時定砂效果關係圖
(有潮差變化)

第六章 結論及建議

綜合以上有關本研究就築堤回填新生地保護對策，針對突堤群以及離岸潛堤群等所進行共計 44 個 Run 次試驗資料分析結果及討論，吾人可歸納以下數點結論及建議。

- 一、由波浪尖銳度對突堤群定砂效果之差異性比較分析知，突堤群受單一規則波浪作用試驗後，其斷面水深變化特性受斷面位置之不同、試驗波浪尖銳度之大小以及累積造波時間之長短等因素影響，將產生明顯差異；由本試驗結果得知，突堤群定砂效應若採用較大尖銳度($H/L=0.030$)試驗波浪，則可在較短時間內(累積造波時間 10 個小時)，發揮其預期定砂功能。
- 二、由潮差變化對突堤群定砂效果差異性比較分析知，動床漂沙試驗，其試驗條件若採用較大潮差變化，則其地形較易達到平衡斷面，且可在預期更短期間內(累積造波時間 5 個小時)，突堤群即可發揮其定砂功能。
- 三、由突堤群長度變化對其定砂效果差異性比較分析知，在各種不同尖銳度深海波浪作用下，突堤群定砂效果均隨著其突堤長度之加長而增大；深海波浪尖銳度較小者，突堤長度對其定砂效果影響益形顯著；對相同突堤長度試驗結果同時顯示在不同尖銳度波浪作用下，其定砂效果之差異性隨著突堤長度之加長而增加。
- 四、由突堤群不同間距比對其定砂效果差異性比較分析知，在尖銳度 $H_0/L_0=0.0197$ 波浪作用下，各種不同突堤長度其突堤群定砂效果隨著間距比值之增大而減小；對相同間距比試驗結果顯示，突堤長度較長

者，其定砂效果較佳；惟當尖銳度提高到 $H_0/L_0=0.0258$ 與 $H_0/L_0=0.0302$ 時，對不同突堤長度試驗結果顯示，間距比 $B/L_s=2$ 與 $B/L_s=3$ ，二者對其定砂效果則無顯著差異。大體而言，對各種不同尖銳度波浪試驗，以間距比 $B/L_s=2$ ，其突堤群定砂效果較佳，而對相同間距比而言，試驗結果顯示又以較小尖銳度波浪試驗其定砂效果為佳。

五、離岸潛堤群定砂試驗，就五種不同間距比 $G/L_b=0.25$ 、 0.50 、 0.75 、 1.00 以及 1.25 等試驗情況，若以潛堤後其 ± 0 cm 灘線成長趨勢作為定砂優劣評比考量，則試驗結果顯示：

- (1) 對無潮差變化試驗情況，以間距比 $G/L_b=0.75$ 效果較佳。
- (2) 對有潮差變化試驗情況，以間距比 $G/L_b=1.25$ 效果較佳。

六、就離岸潛堤群斷面水深變化分析知，對各種不同間距比之離岸潛堤群，若以潛堤後初期地形之安定性作為評比考量，則試驗結果與結論(五)相同。

七、就不同間距比之離岸潛堤群對其定砂效果比較分析知，該五種不同間距比試驗結果顯示，不論試驗條件有否潮差變化，離岸潛堤群之設置，對其堤後定砂作用均呈正面效應，惟仍以間距比 $G/L_b=0.75$ 時效果較佳，最大總淤砂量約可達堤後通水體積之兩倍。

八、建議應進一步探討不規則波浪作用情況下，突堤群以及離岸潛堤群間之定砂效果。

致 謝

本研究計畫執行中承蒙研究人員蔡立宏、蔡金吉、徐如娟以及邱士峰等工作伙伴，一日復一日任勞任怨之辛勤工作，以及本組楊怡芸、卓麗卿二位同仁之打字、校對，尤其卓小姐對整個試驗資料電腦輸入工作辛勞使整個報告得以完成在此一併致謝。

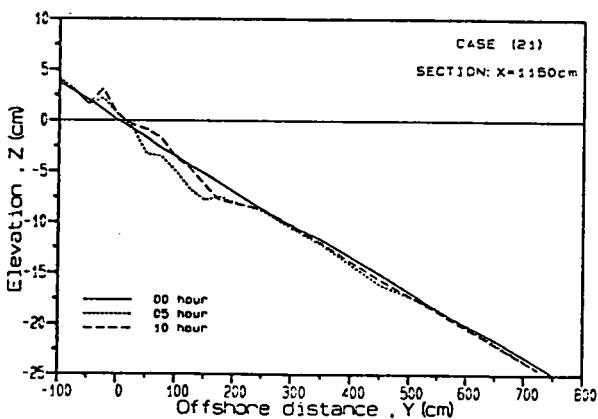
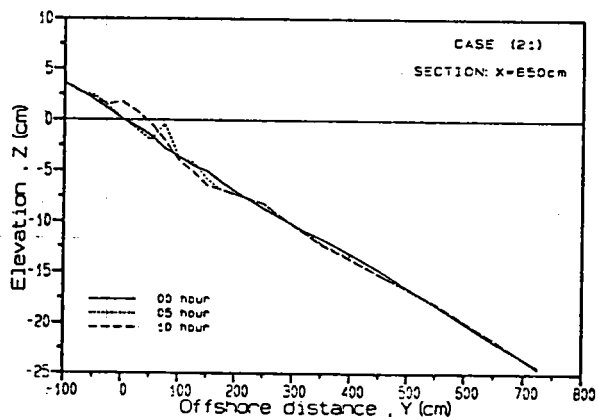
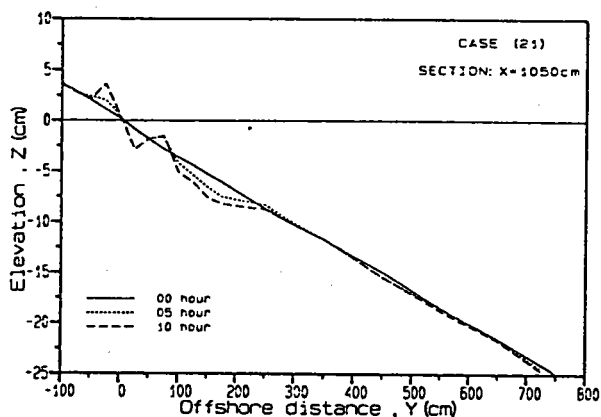
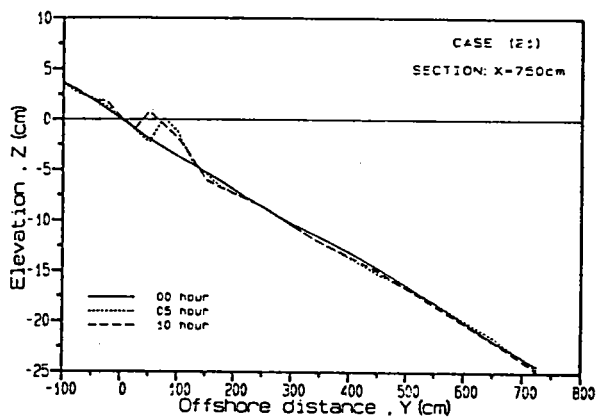
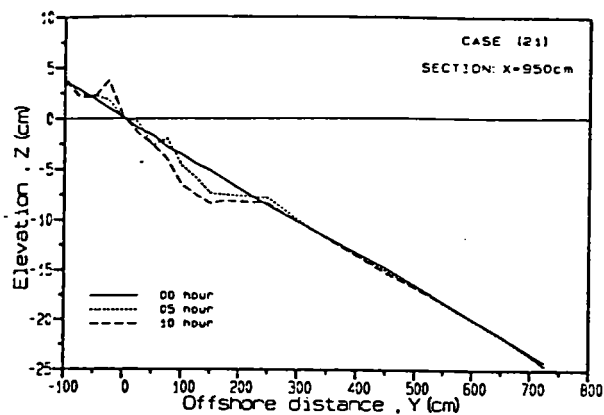
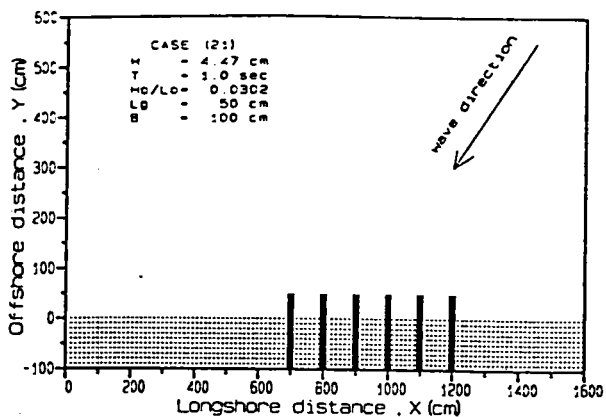
参考文献

1. Bakker, W.T., Hulsberger, C.H., Smit, C.de., Roelse, D., and Svasek, J.N., Permeable groynes : experiments and 'Practice in netherlands", Proc. of 19th, Coastal Engineering Conference, Pp.2027~2041, 1984.
2. Blsillie, J.H. and Berg, D.W., "State groin design and effectiveness" Proc, of 13th, Coastal Engineering Conference, Pp.1367~1383. 1972.
3. Barcelo, J. P., Experimental study of the Hydraulic behavior of Inclined groyne Systems, Proc. 11th Coastal Engineering conference, ASCE, Vo2.1, sept, PP.1020~1040, 1970.
4. Kemp, P. H., Amodel Study of the Benavier of Beaches and Groynes, Jouranal of the Institution of Civil Engineers, London, Vol.22, PP.191~210, 1962.
5. Schijf, J. B., generalities on Coastal Processes and Protection, Journal of the waterways and Habors Division, ASCE, Vol.85, No.Ww1, Pt.1, PP.1~12, 1959。
6. U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, Shore Protection Manual, Vol. I, II and III. U.S. Army Coastal Engineering Research center, 1973.
7. U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, Shore Protection manual, Vol.I, II.U.S. Army Coastal Engineering Research Center, 1984.
8. Yu-Hwa Wang., Walter W. howard, hed H. Chang and Morton Smutz., "A fied study on the interaction of groin and sediment transport", Coastal structures' 79, PP.869~903. 1979.
9. 嶋野貞三、本間仁、堀川清司；突堤の及ぼす影響について 第3回海岸工学演講會, pp.107~202, 1955。
10. 永井莊七郎, 海岸防砂堤について, 第2回海岸工学演會, pp.99~103, 1955。

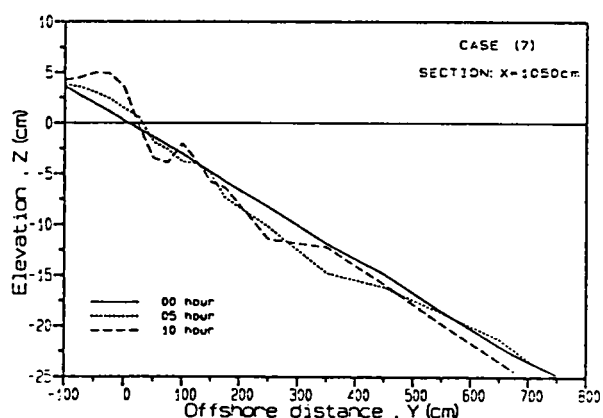
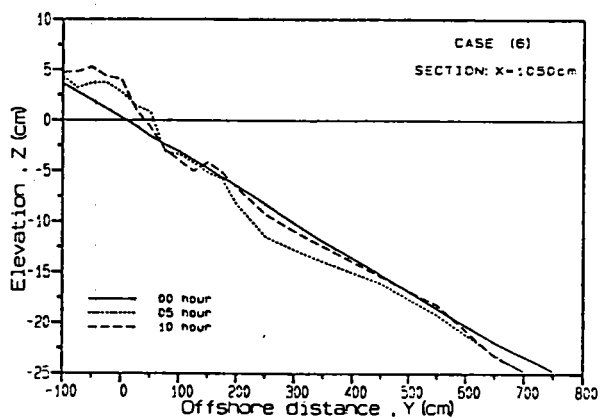
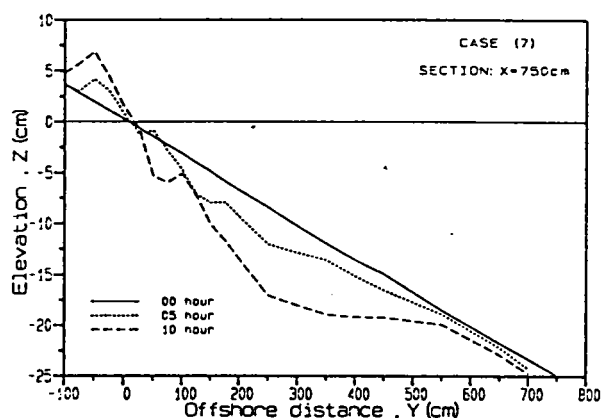
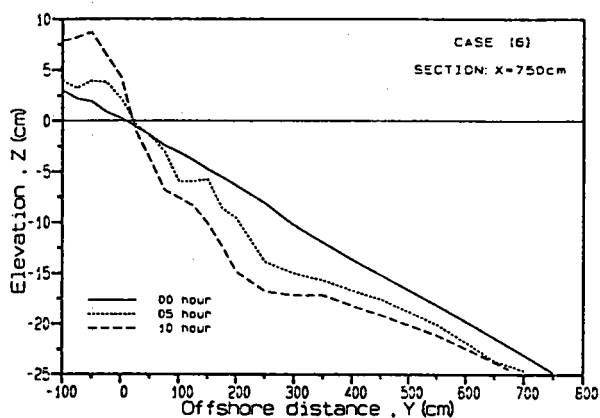
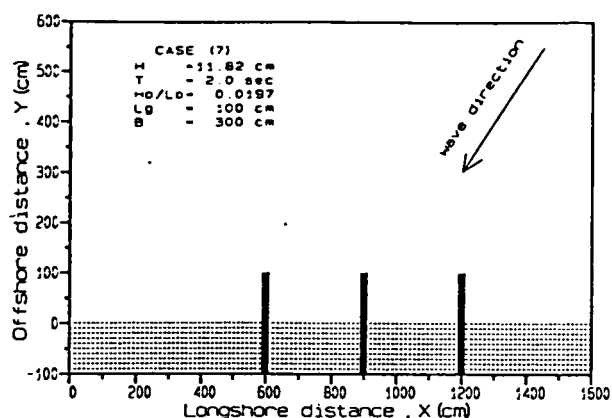
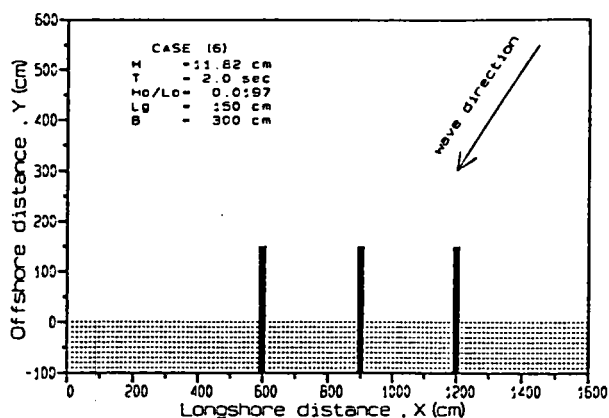
11. 永井莊七郎，海岸防砂堤に關する 研究，第2回海岸工學演會，pp.107～116，1955。
12. 嶋野貞三、本間仁、堀川清司，海岸水制の效果に關する實驗，第3回海岸工學講演會，pp.107～202，1956。
14. 橋本 宏、宇多高明，經驗的海濱變形モデルの移動床實驗への適用，第27回海岸工學講演會，pp.250～254，1980。
15. 榎木 亨、出口一郎，突堤の沿岸漂砂捕捉機能に關する 研究，第29回海岸工學講演會，pp.279～283，1982。
16. 榎木 亨、出口一郎，特性の異なる2いの 海岸に施工された 人工養濱砂の舉動について，第32回海岸工學講演會，pp.420～424，1985。
17. 淹澤俊二、宇多高明、涉谷敏輝、簡井保博，短突堤群による投入土砂流出制御，第34回海岸工學講演會，pp.426～430，1987。
18. 張金機、黃清和(1982)，“台中港外廓堤防漂沙模型檢核試驗研究報告”，港研所專刊。
19. 黃清和等(1990)，“台中火力發電廠廠地開發及相關工程-南海堤外側突堤及人工養灘試驗研究”，港研所專刊。
20. 張金機等(1994)，：“台中港漂沙防治與新生地開發”研究報告，港研所。
21. 郭金棟、謝文凱(1994)：“離岸堤群後堆沙機構之研究”，國立成功大學水利及洋研究所碩士論文。
22. 郭金棟、王植輝(1995)：“離岸潛堤群後堆沙機構之研究”，國立成功大學水利及洋研究所碩士論文。
23. 郭金棟、陳文俊(1995)：“彌陀海岸侵蝕防治之研究”，農委會專題研究計劃。

附錄 A

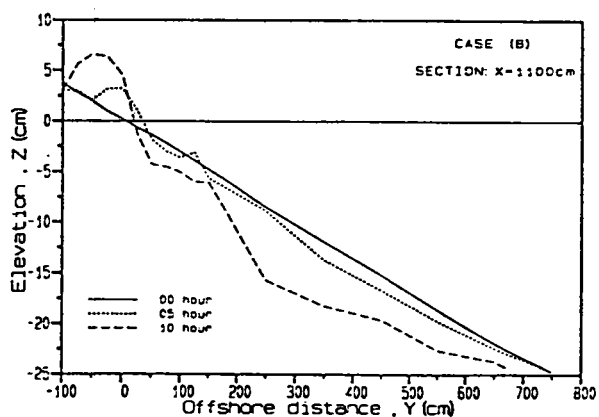
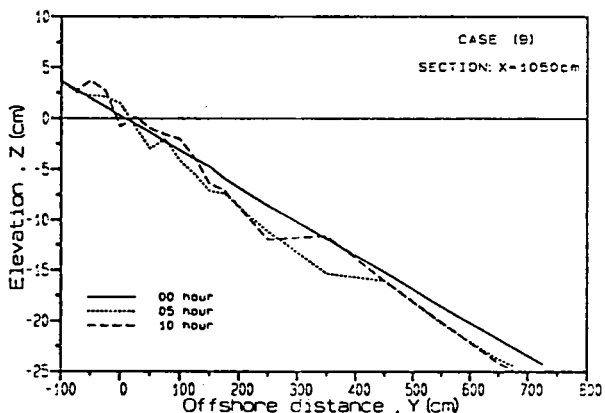
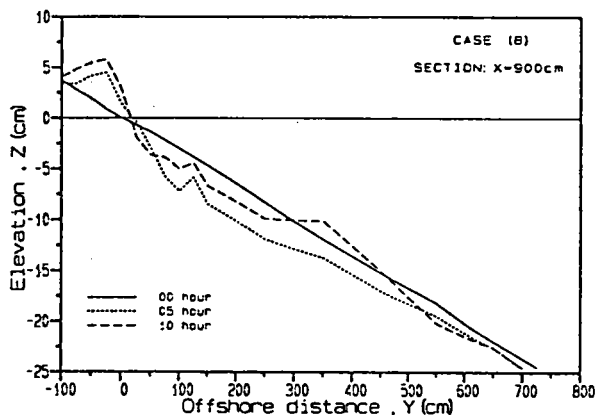
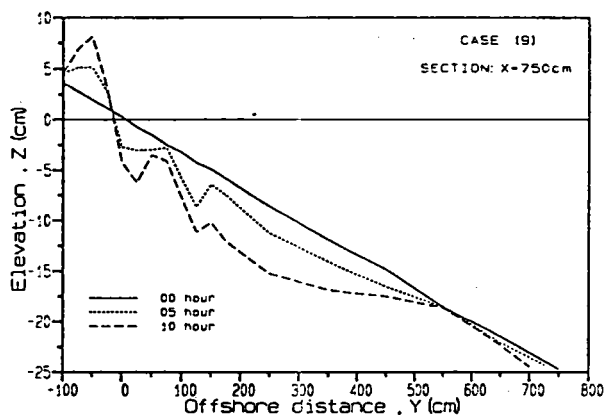
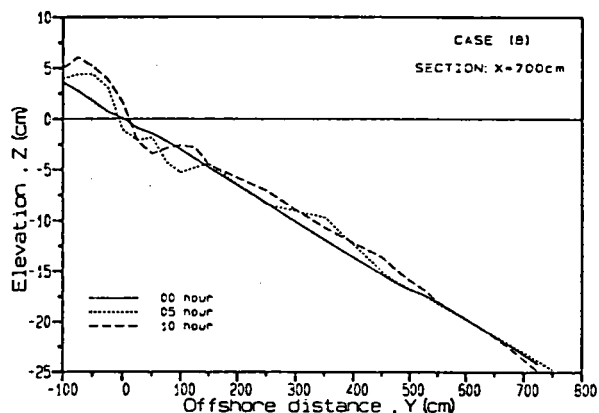
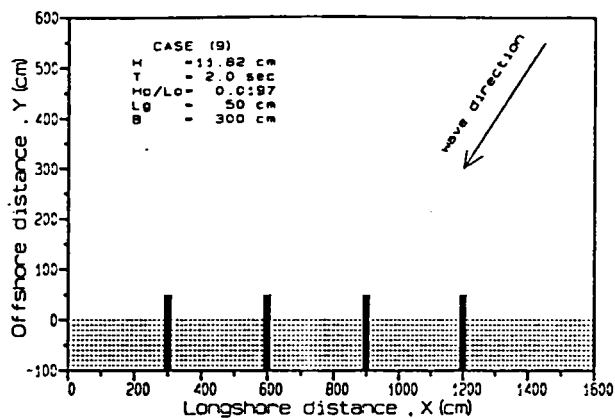
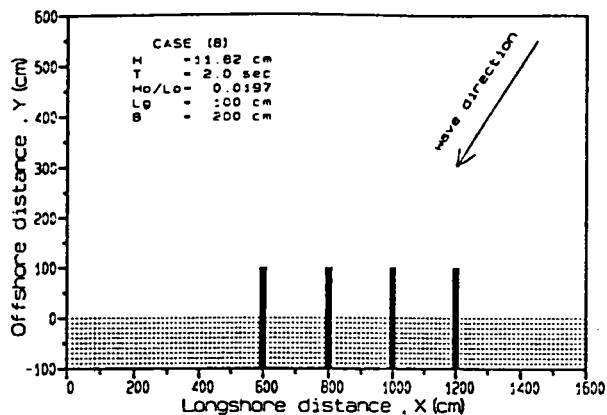
突堤群試驗 CASE(4)～CASE(21)
不同位置斷面水深地形變化歷時圖



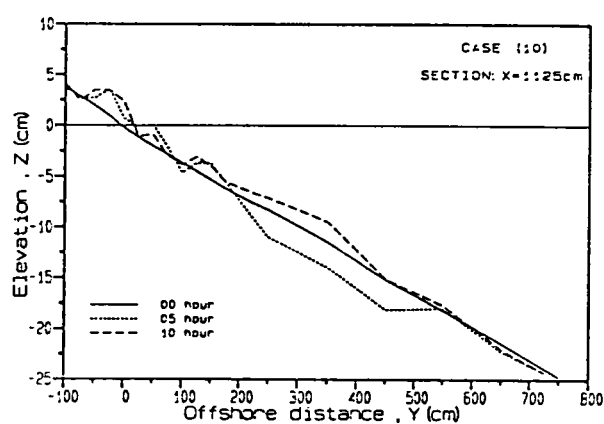
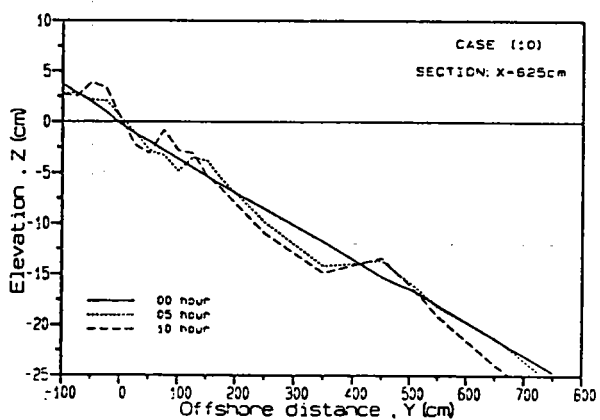
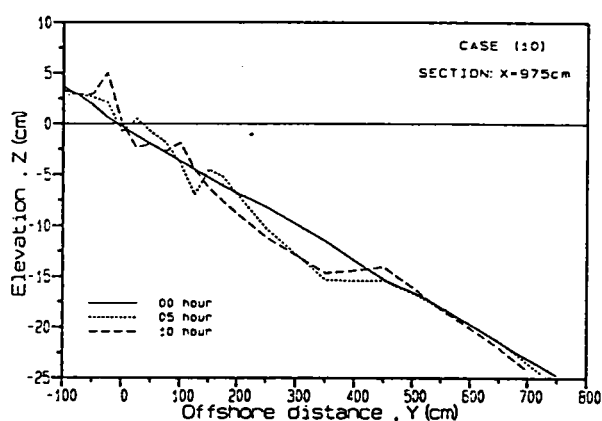
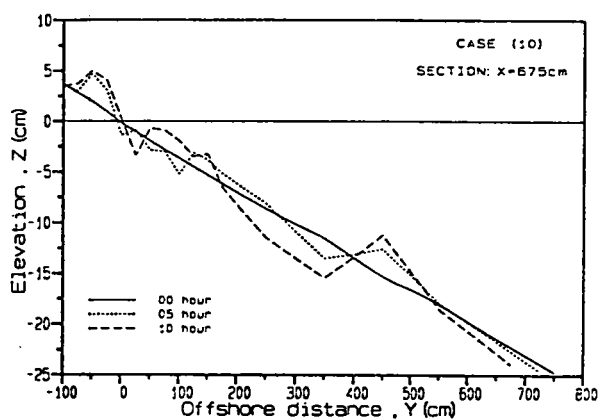
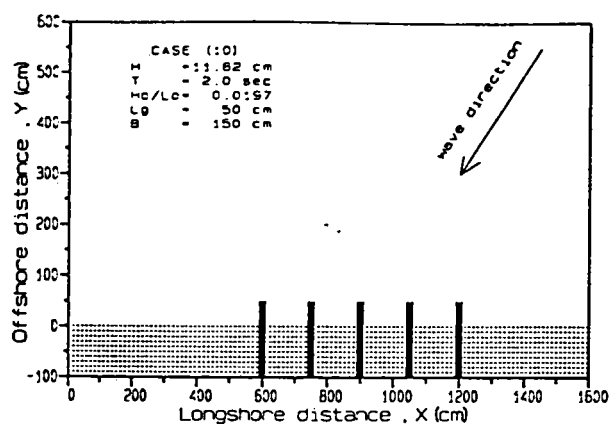
附錄 A-11 CASE(18)與 CASE(19)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



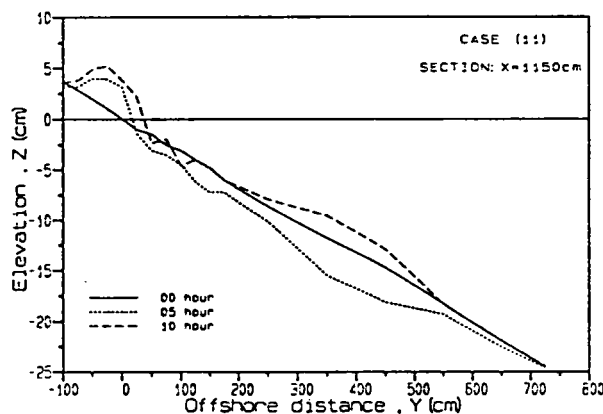
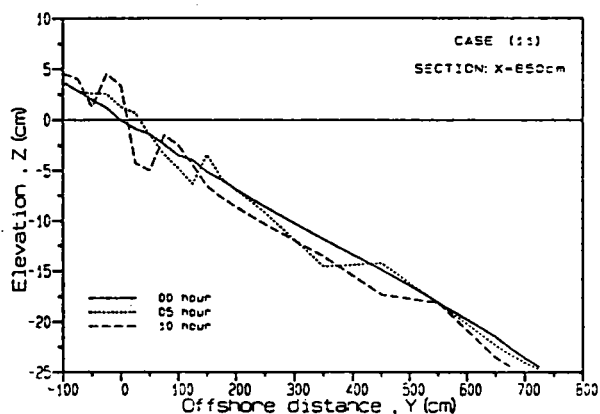
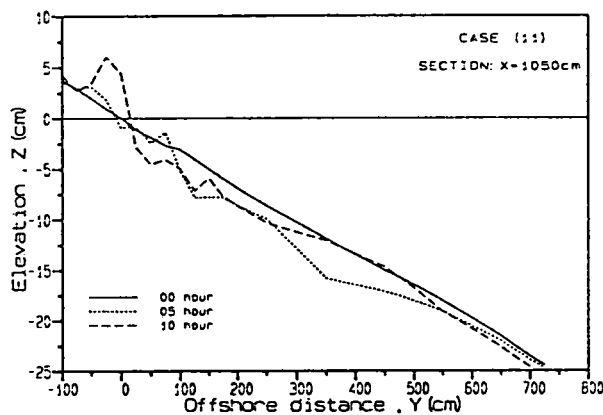
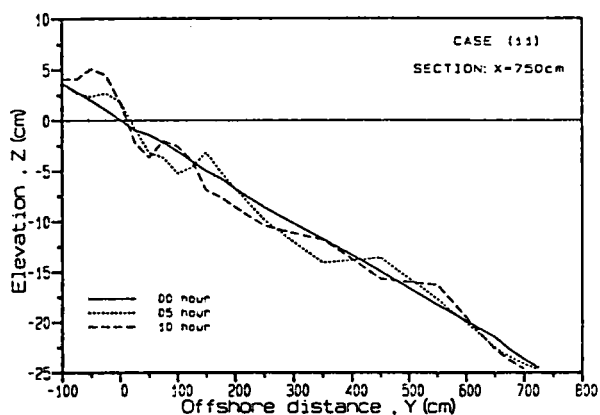
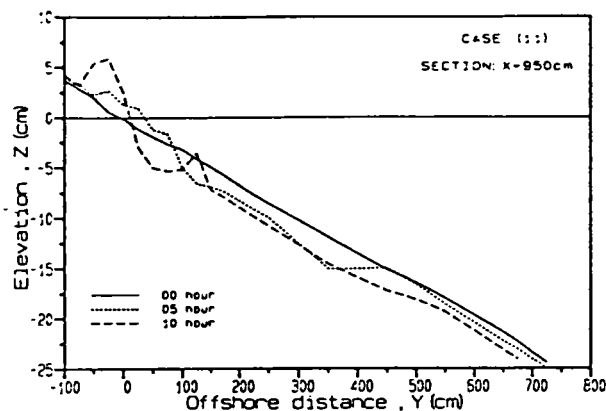
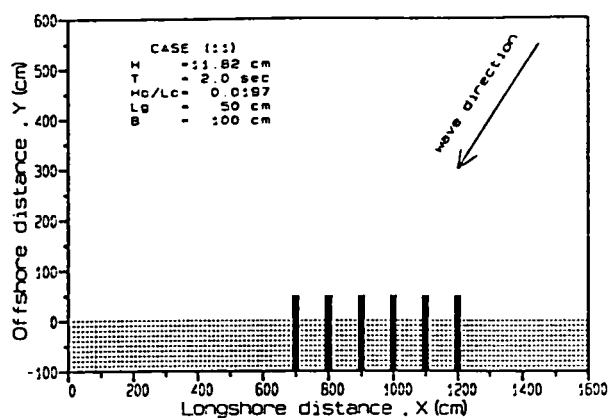
附錄 A-2 CASE(6)與 CASE(7)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



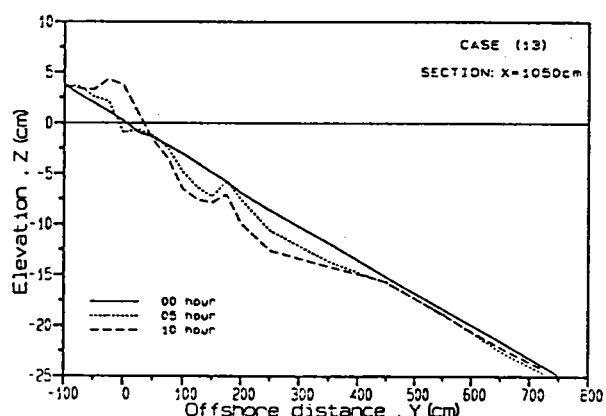
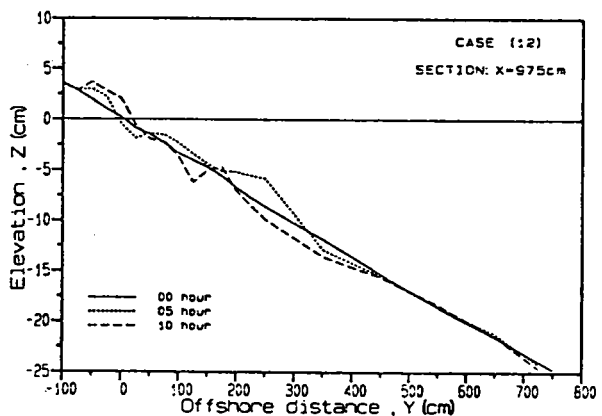
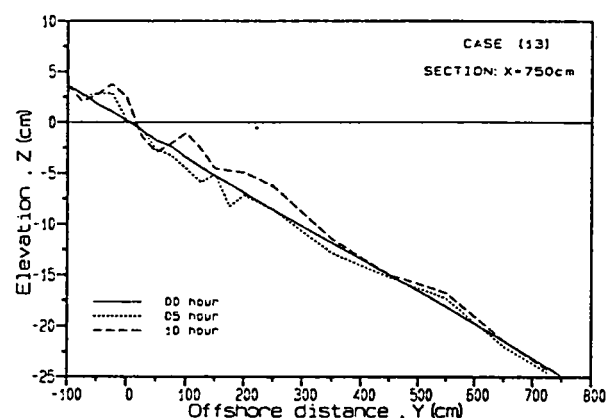
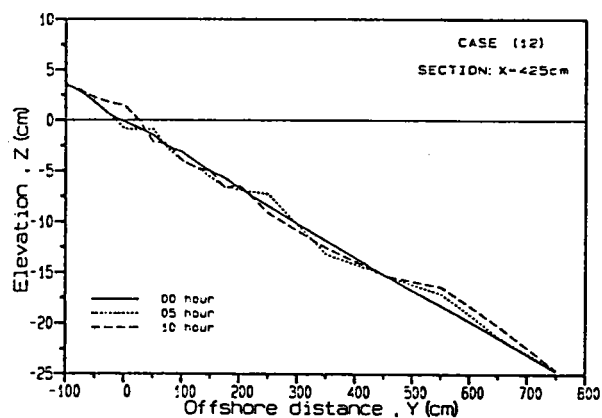
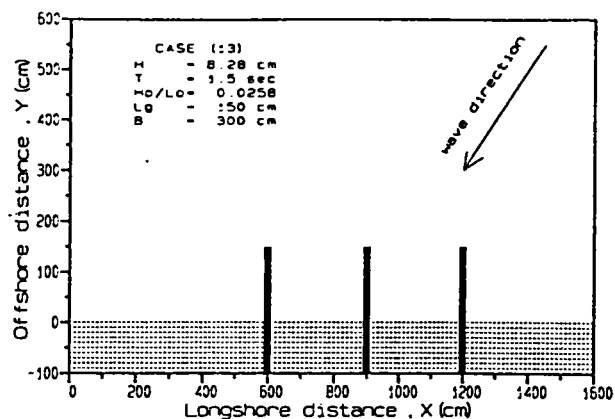
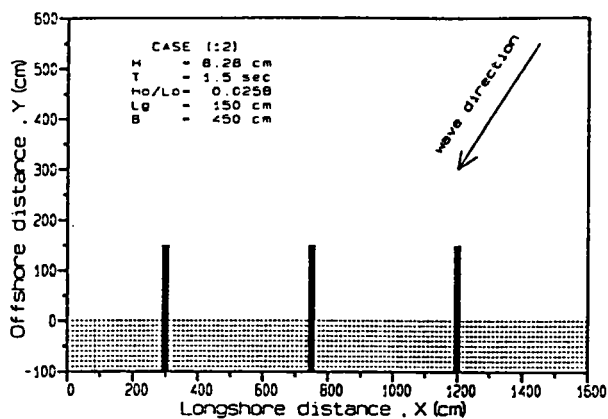
附錄 A-3 CASE(8)與 CASE(9)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



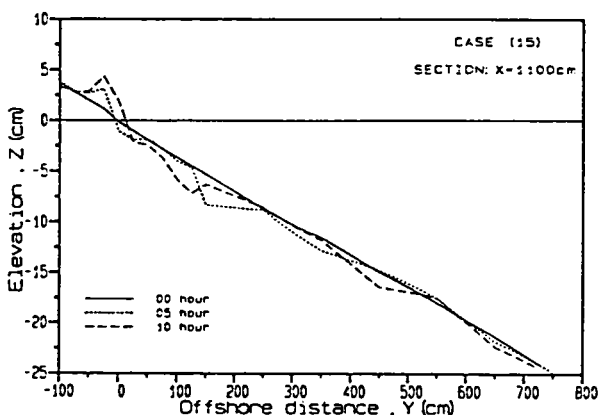
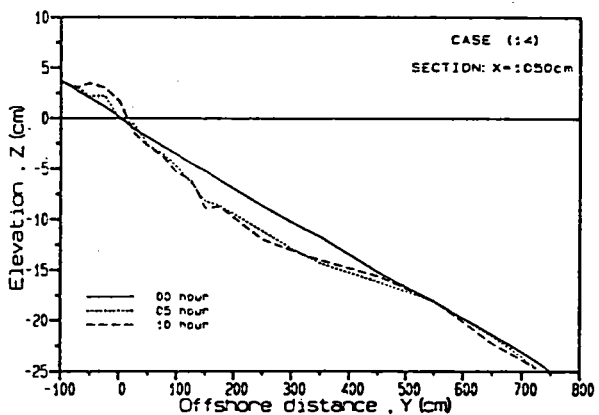
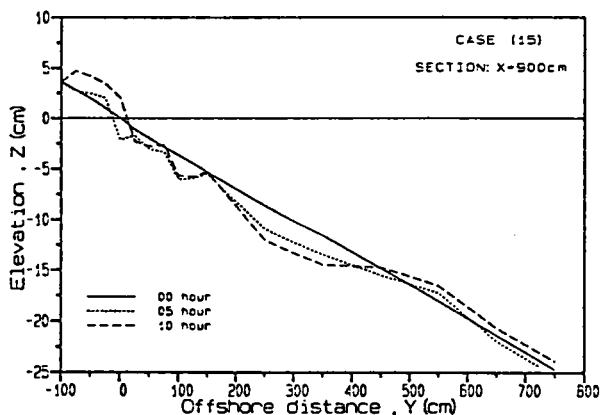
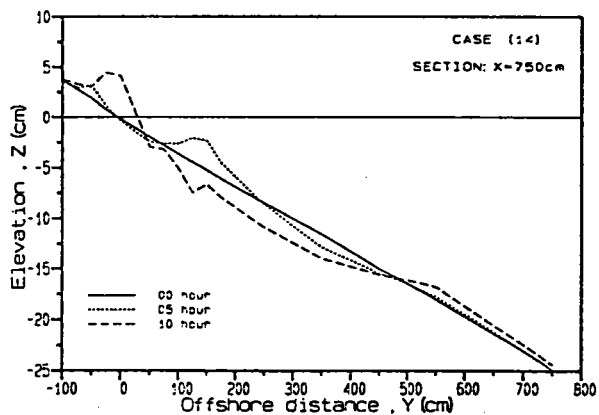
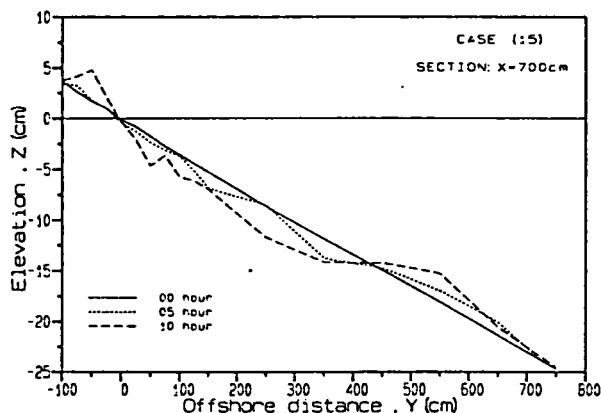
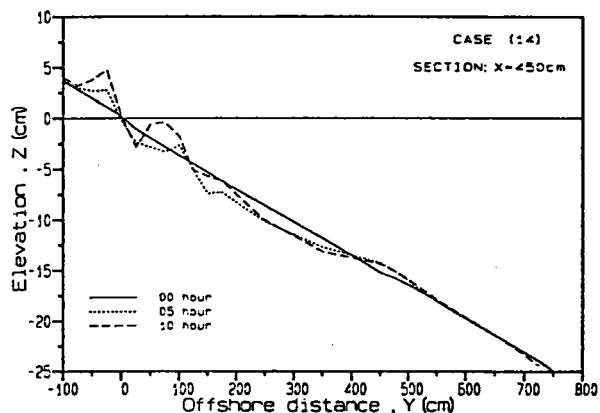
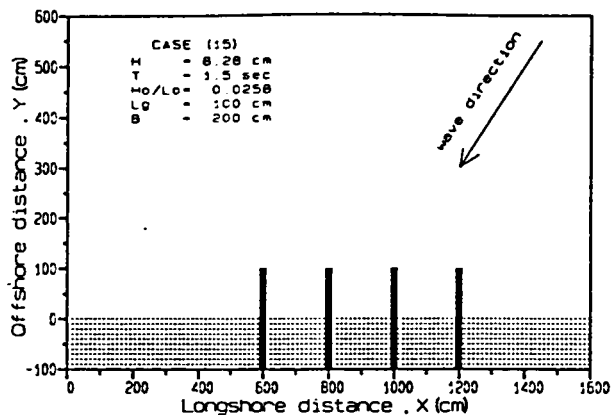
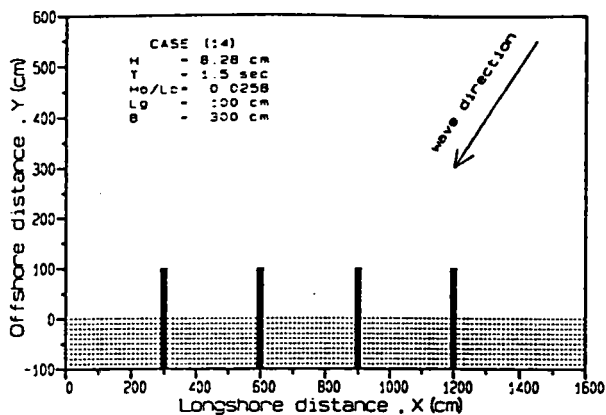
附錄 A-4 CASE(10)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



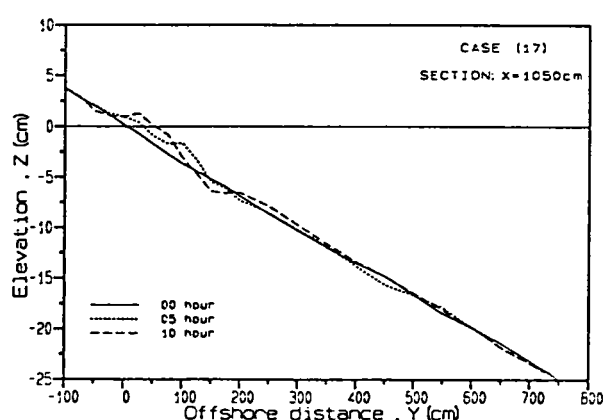
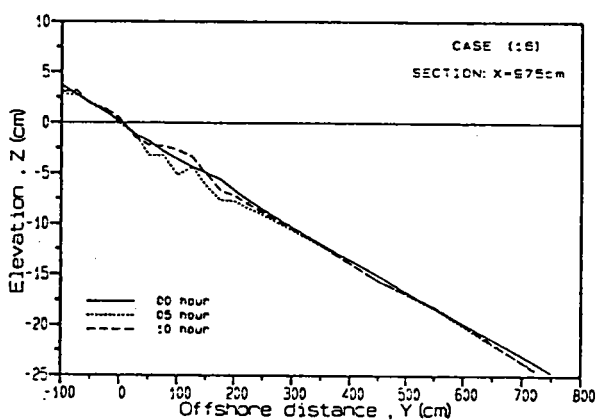
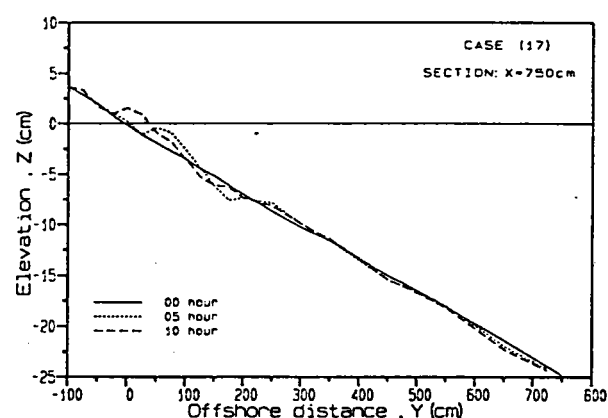
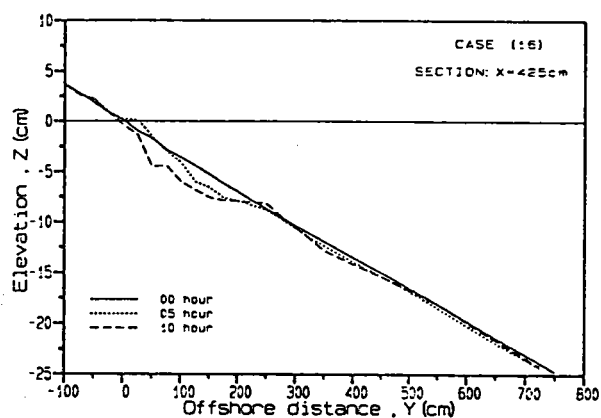
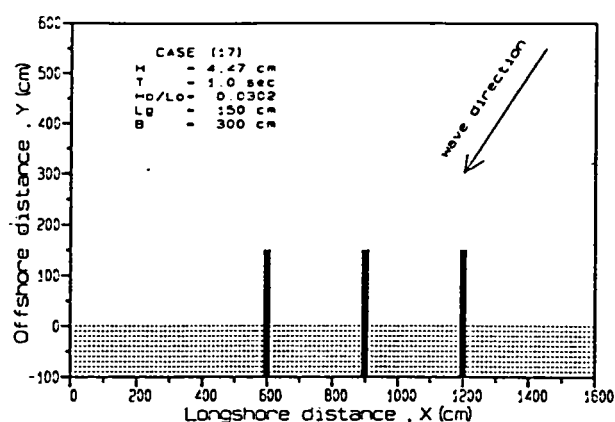
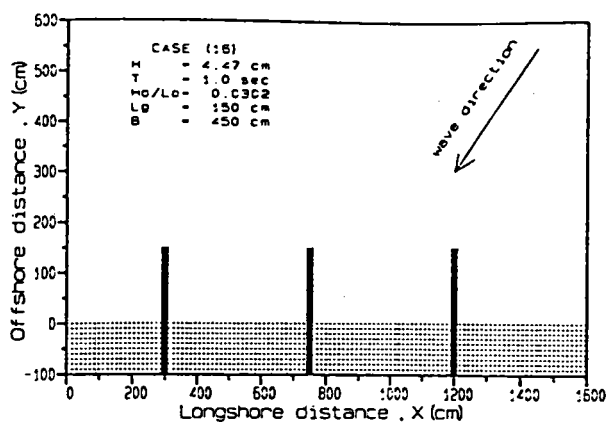
附錄 A-5 CASE(11)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



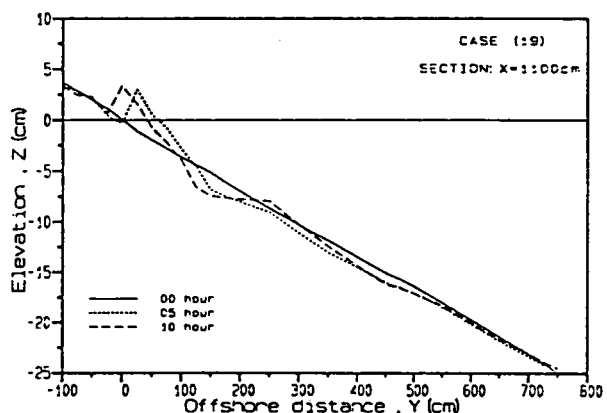
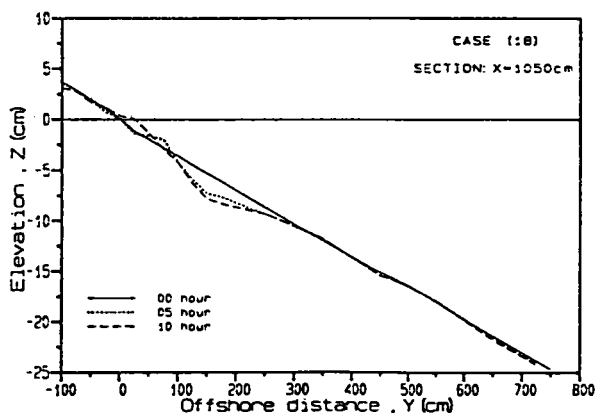
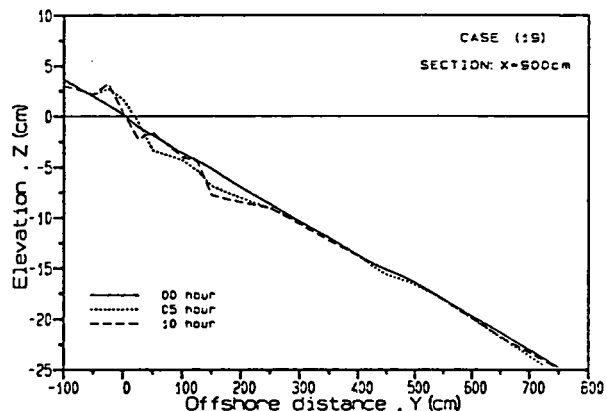
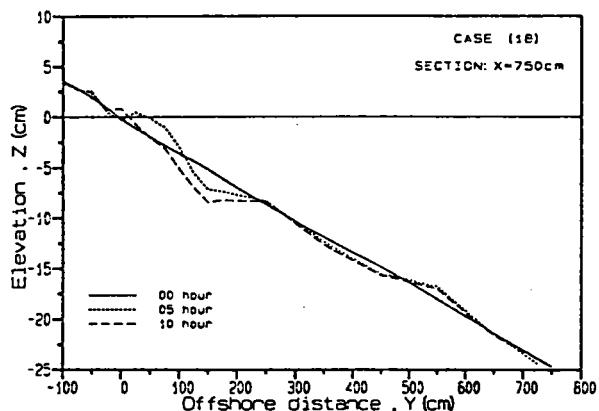
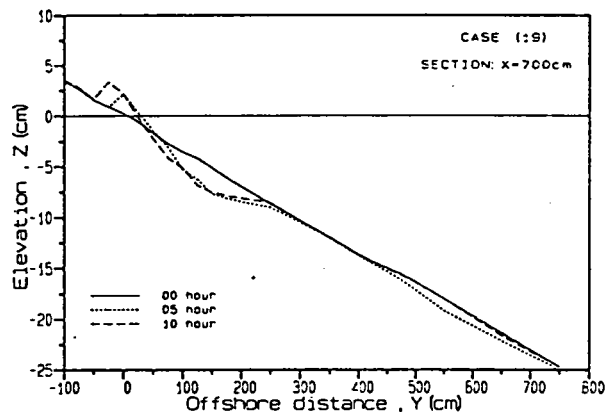
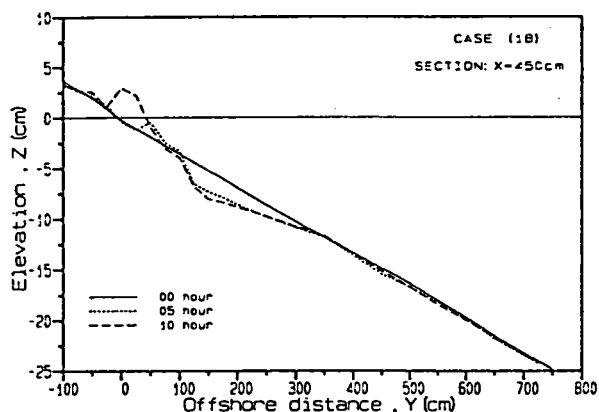
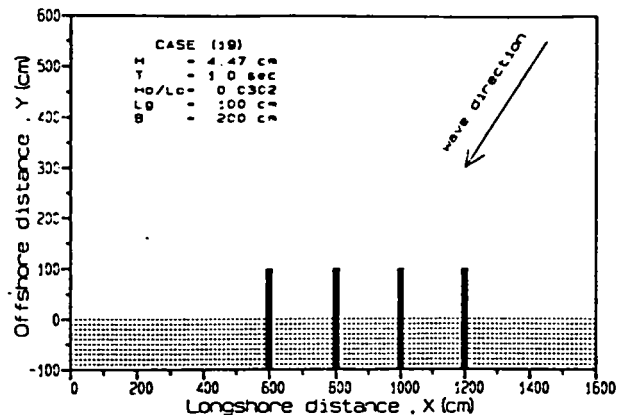
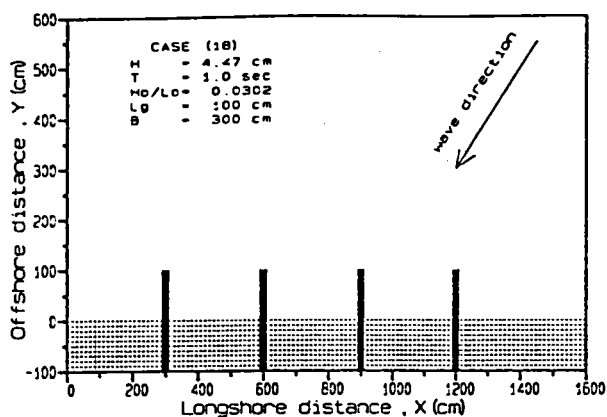
附錄 A-6 CASE(12)與 CASE(13)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



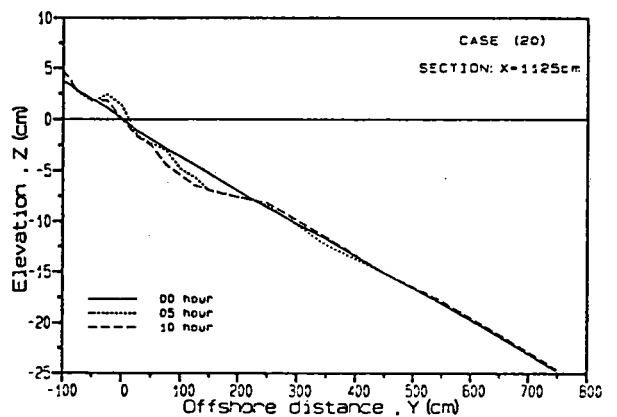
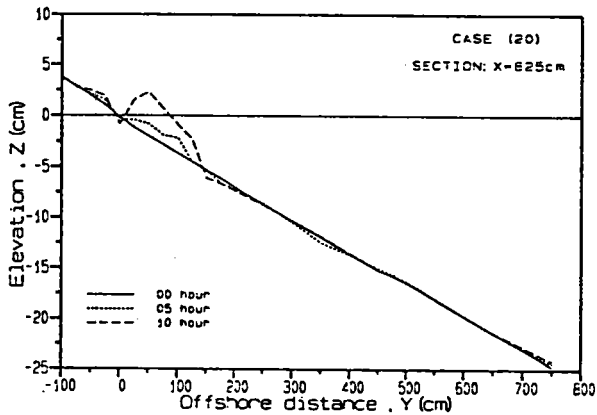
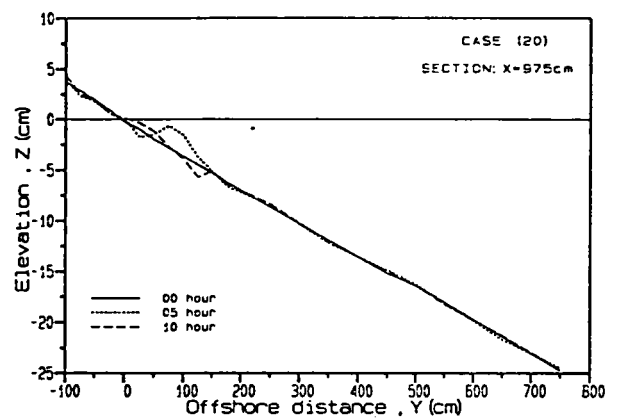
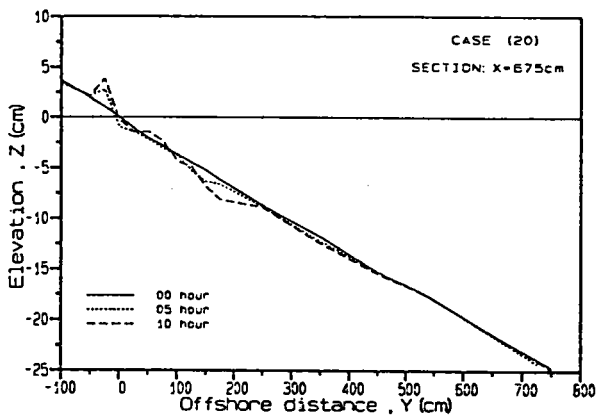
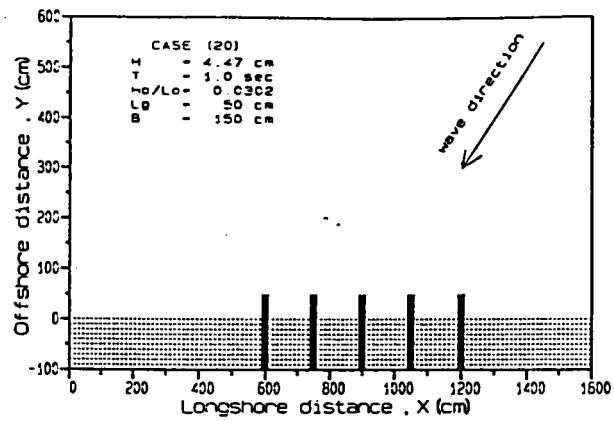
附錄 A-7 CASE(14)與 CASE(15)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



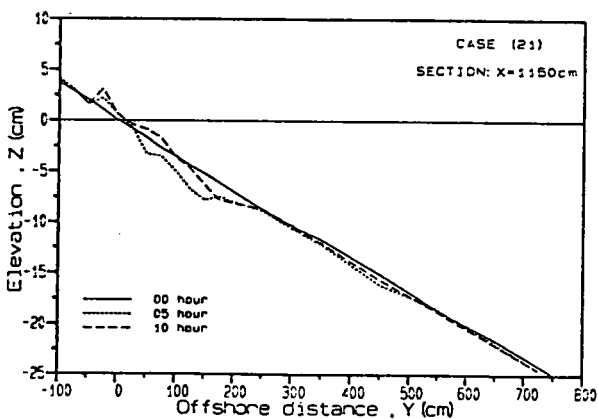
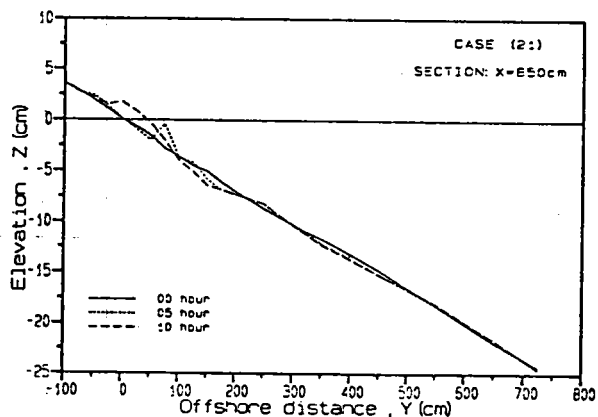
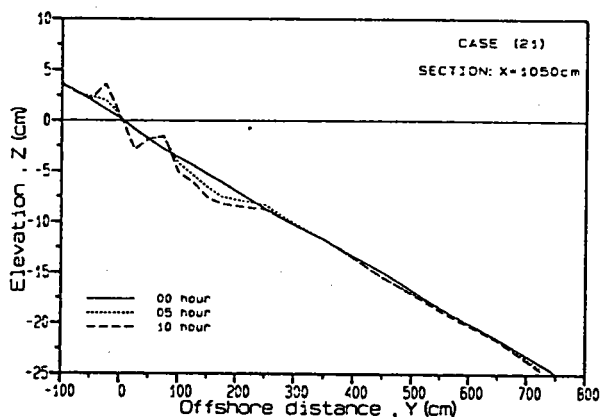
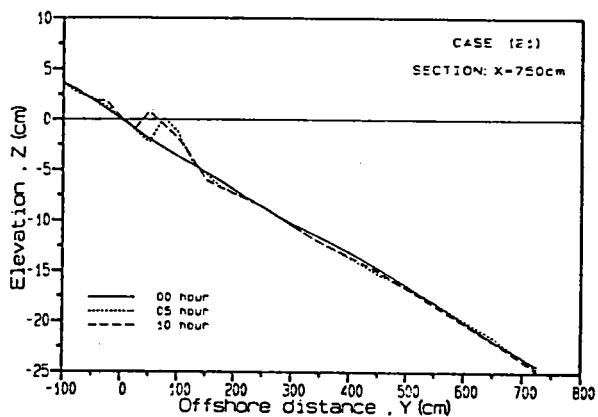
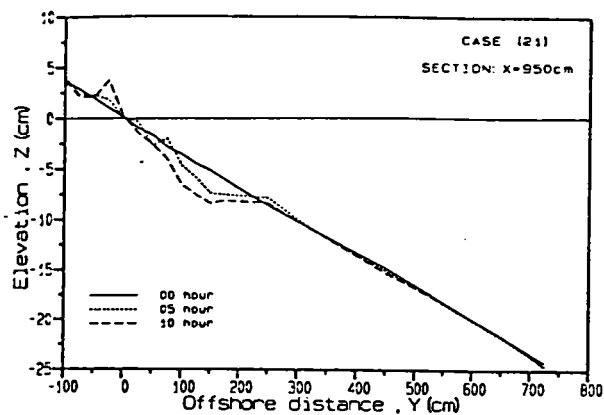
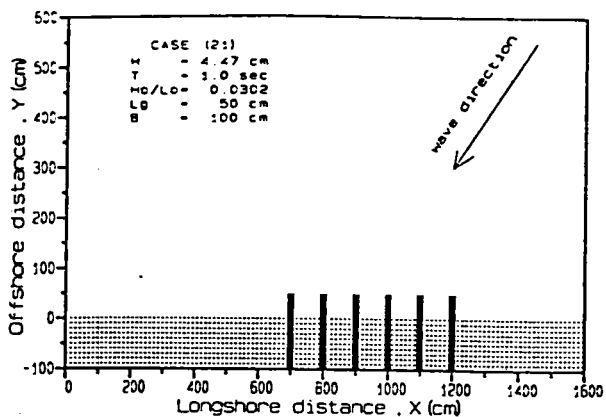
附錄 A-8 CASE(16)與 CASE(17)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



附錄 A-9 CASE(18)與 CASE(19)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



附錄 A-10 CASE(18)與 CASE(19)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖



附錄 A-11 CASE(18)與 CASE(19)不同位置斷面，斷面水深地形變化歷時圖