

法國 ACCROPODE 混凝土型塊穩定及 越波量水工模型試驗研究

委託機關：法國 SOGREAH 工程顧問公司

執行期間：民國八十三年三月至八十三年九月

計畫主持人：廖慶堂

協同主持人：徐如娟

參與研究人員：

張	金	機
黃	清	和
何	良	勝
邱	永	芳
江	金	德
楊	怡	芸
何	炳	紹
蔡	瑞	成
陳	進	冰
李	江	澤
林	佩	燕

中文摘要

本文針對法國 SOGREAH 工程顧問公司為瞭解辦理我國台塑雲林六輕開發計劃所提三種海堤斷面設計，採用 ACCROPODE 型塊作為護坡塊時堤防穩定性、堤頂越波量、堤址安定性及堤後破壞情況辦理試驗。試驗結果顯示：在底床基礎平整穩固情況下，依 SOGREAH 公司所訂排放原則，以 ACCROPODE 塊作為海堤護坡，其穩定性甚佳。海堤斷面 I，堤頂越波甚小，但若考量重現週期為 50 年以上波浪條件，則堤頂越波現象將對堤後填土產生沖刷破壞。海堤斷面 II，由於設計堤頂高度過低，受較大波浪作用時產生大量越波造成堤後拋石基礎之破壞，甚至危及第二層拋石之安定。海堤斷面 III，俟依據海堤斷面 II 試驗結果修正，對改善越波量以及堤後拋石基礎之安定，有顯著效果。

ABSTRACT

The model test was carried out in order to understand the characteristics of the stability and overtopping of three alternative sea wall cross-sections by using ACCROPODE as armouring block, for the sea wall of Taiwan Plastic Yun-Lin Project. Test results indicate that it has a good stability. Under the conditions that the foundation of sea bed is stable enough and armouring blocks are placed according to the rules made by Sogreah, the result indicates sea walls are have a good stability. The sea wall section I proposed by Sogreah, the test results indicate under the action of various waves, only little amount of overtopping occurred; but considering wave conditions above return period of 50 years the landfill at the rear side of sea wall will be eroded by overtopping.

The test results of sea wall Section II show that the design crest heights of parapet is too low, under the action of larger waves a great amount overtopping destorys the rubble mound foudation at the rear side of sea wall, and even damage the rubble on the second layer.

Based on the test results of Section II, the cross-section is modified to have Section III; the results of Section III show that it has obvious improvement for overtopping and the stability of the rubble mound foundation at the rear side of sea wall.

法國 ACCROPODE 混凝土型塊穩定及 越波量水工模型試驗研究

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
一、試驗目的.....	1
二、試驗設備	1
三、試驗條件	2
四、試驗率定及量測	4
五、試驗結果分析及討論	7
六、結論與建議	14
附錄 A 照片	15
附錄 B 圖形	24

法國 ACCROPODE 混凝土型塊穩定及 越波量水工模型試驗研究

一、試驗目的

法國 SOGREAH 工程顧問公司，為辦理我國台塑雲林六輕開發計劃——海堤設計，欲瞭解海堤斷面採用 ACCROPODE 塊作為護坡塊時，堤防穩定性、堤頂越波量、堤址安定性及堤後破壞情況。委託交通處港灣技術研究所辦理水工模型試驗，俾作為爾後規劃設計海堤保護及堤後排水設施之依據。。

本試驗自民國八十三年三月起著手辦理，八十二年九月中旬完成，謹將試驗過程及試驗結果陳述如后。

二、試驗設備

本試驗在港研所風洞實驗水槽進行，使用設備概述如下：

1. 風浪流水槽

長100^m，寬1.5^m，高2^m，首端安裝鼓風機及不規則造波機，末端為消波設施，並分別於首端35^m及75^m兩處設置各長15^m玻璃觀測段，底部設有環流系統，如圖1。

2. 不規則造波機

為丹麥 DHI 水工試驗所製造，裝置於水槽首端鼓風機下方，可造規則與不規則波浪。不規則波可依特定頻譜轉換成波浪時間序列造波。

3. 容量型波高計

為日本計測技研株式會社出品如照片1，試驗波浪所引起水面起伏變化，經由電容線感受器轉變為電阻變化，藉惠氏登電橋及增幅器予以放大後變成電壓。所有類比信號A/D經由介面卡轉換成數據資料，再存入電腦作必要之分析。

4. 荷重計(Load cell)

荷重計型式為 Interface SSM500, 如照片2, 荷重訊號利用荷重計內的應變計感應, 經由放大器增幅後, 透過AD介面卡送入電腦記錄、儲存, 分析越波量。

5. 越波量量取器

越波量量取器如圖2所示, 包括導槽與承水量。

6. 攝影系統

波浪作用下, 海堤處之波高變化、斷面的滑動傾倒、越波量多寡等任何現象, 皆由攝影機立即拍成錄影帶, 以供事後及分析時參考。本試驗所使用之攝影系統為Sony v-8型攝影機, 用來研判消波塊之穩定性。

三、試驗條件

本試驗試驗條件係由法國SOGREAH工程顧問公司提供, 試驗模型縮尺、模型製作, 以及試驗波浪條件等分別敘述如下:

1. 模型縮尺

本試驗採用兩種不同模型縮尺進行試驗, 分別為1/38與1/50。

2. 模型製作

(1) 海堤及底床斷面

本試驗共進行三種不同海堤斷面即斷面 I、斷面 II 以及斷面 III 試驗。三種海堤及底床斷面型式分別繪制如圖3、圖4以及圖5所示。圖中(a)為海堤斷面, (b)為其試驗底床斷面。三種斷面所採用胸牆高度及模型縮尺分別為:

斷面 I：胸牆高度 +9.0^m，模型縮尺 1/38，
底床坡度約 14/1000，如圖3(b)

斷面 II：胸牆高度 +9.0^m，模型縮尺 1/50，
底床坡度約 18/1000，如圖4(b)

斷面 III：胸牆高度 +10.5^m，模型縮尺 1/50，
底床坡度約 18/1000，如圖5(b)

斷面 III 係根據試驗結果，修改斷面 II 並將堤頂高增加為 +10.5^m。

(2) ACCROPODE 護坡塊尺寸及排列方式

A. 護坡塊型式

本試驗 ACCROPODE 護坡塊模型係由法國 SOGREAH 工程顧問公司提供，ACCROPODE 塊尺寸如圖6所示，平均重量約為 165 公克，依模型縮尺 1/38 以及 1/50 比例換算約相當於現場 10^t 以及 20^t 之護坡塊。

B. 護坡塊排列方式

ACCROPODE 塊排列原則及方式如下

- (A) ACCROPODE 塊僅排放一層。
- (B) 三個鄰近 ACCROPODE 塊原則上不可排列在同一方向。
- (C) ACCROPODE 塊排放密度：

$$N_b = \frac{134.4}{HB^2} \text{ (blocks/100m}^2\text{)}$$

式中 N_b ：每 100m² 排放個數

HB：ACCROPODE 塊邊長

容許誤差百分比為 ±5%

(D) ACCROPODE塊排放相對位置，其上視以及側視如圖7所示
其中

$$M1 = 1.24HB$$

$$M2 = 0.6HB$$

式中 M1：橫向每列兩ACCROPODE塊寬度

M2：斜向每行兩ACCROPODE塊寬度

3. 試驗水位及波浪條件

試驗所採用的不同重現週期，原型與兩種模型縮尺對應之水位、示性波高、週期分別列如表 1所示。根據表中試驗水位及波浪條件，利用電腦程式計算，模擬Johnswap波譜，造波機輸入參數，調整控制器，製造符合試驗條件之波浪進行試驗。期間Sogreah工程師參與所有試驗工作。

四、試驗率定及量測

本項模型試驗率定及量測概述如下：

1. 法國SOGREAH工程顧問公司所提供165公克ACCROPODE塊模型，選用1/38及1/50兩種模型縮尺，以達成海堤斷面設計採用10公噸及20公噸ACCROPODE塊。海堤及底床斷面在試驗水槽第二觀測段鋪設海堤模型，距造波機約85"量測入射波高計安裝於距造波板約60"處，並分別於堤前約4.5"、5.4"以及6.8"處設置 3支波高計，以量測堤前波高分析堤前波浪分佈情形。

2. 儀器率定

(1) 波高計率定

將波高計感受器電容絲插進靜水中，每隔2公分由個人電腦讀取電壓值，繪製水位與電壓關係迴歸線，求得波高計率定線，如圖 8 所示。

表 1 重現週期之水位及波浪條件

重 現 週 期 (年)	水 位			波 高			週 期		
	原 型 (公尺)	模 型 縮 尺		原 型 (公尺)	模 型 縮 尺		原 型 (秒)	模 型 縮 尺	
		1/38 (公分)	1/50 (公分)		1/38 (公分)	1/50 (公分)		1/38 (秒)	1/50 (秒)
1	2.50	6.60	5.0	3.5	9.2	7	9.4	1.52	1.33
5	3.00	7.90	6.0	4.8	12.6	9.6	11.0	1.78	1.56
10	3.25	8.60	6.5	5.5	14.5	11.0	11.7	1.90	1.65
20	3.30	8.70	6.6	6.1	16.1	12.2	12.3	2.00	1.74
35	3.50	9.20	7.0	6.7	17.6	13.4	12.9	2.09	1.82
50	3.65	9.6	7.3	7.0	18.4	14.0	13.2	2.14	1.87
75	3.75	9.9	7.4	7.4	19.5	14.8	13.6	2.21	1.92

(2) 荷重計率定

將定水量放入水箱中，量取電壓變化，以求得水量與電壓之關係。根據比值越波量可由電壓讀數轉換求得。

3. 波浪率定

試驗進行時，先在未鋪設模型情況下率定試驗示性波高及週期，根據表1試驗波浪條件輸入電腦，選定Johnswap波譜，利用特定電腦程式處理後，求得造波機控制儀參數，調整不規則波造波機之參數，模擬製造所需試驗波浪。

4. ACCROPODE塊及堤址安定性觀測

分別利用肉眼以及攝影機觀測 ACCROPODE塊移動情形及滑落個數並記錄之。計算滑落個數佔總數之百分比，作為研判ACCROPODE塊安定性之依據。並在最低潮位(L.L.W.L.)及平均潮位(M.W.L.)，即當水位降低時觀察堤址塊石安定狀況，作為爾後設計時參考。

5. 越波量觀測

將荷重計下懸掛承接越波水量水箱，固定於堤後上方支架。為使水箱承接越波水量時不與水面接觸，以磚牆鋪設一口井隔離水體，如照片 3，使承接水箱不受浮力影響，避免荷重計量測水量失真。由於試驗採用不規則波浪，試驗時測取累積越波量，記錄量測時間，求得單位寬度單位時間越波量，按照模型縮尺計算原型越波量，作為規劃設計依據。

6. 堤後破壞觀測

試驗過程中觀察並記錄波浪越過堤頂後，對堤後動床沖刷及破壞情形。

五、試驗結果分析及討論

根據前述儀器率定及資料量測方法，進行三種不同海堤斷面試驗，謹將試驗結果分別敘述如下：

(一)海堤斷面 I 試驗結果

海堤斷面 I 如圖3及照片4所示，在各種不同水位與入射波浪條件作用下，其堤頂越波量、堤後破壞情形、ACCROPODE 塊安定性及堤址穩定性等彙整如表2，茲就試驗結果分項說明如下：

1. ACCROPODE 塊安定性

本斷面，模型縮尺採用1/38，總共放置417個重約 165 公克 ACCROPODE塊，排放誤差為+2.2%(容許誤差為±5%)。如照片5所示。165公克ACCROPODE塊模型按1/38模型縮尺相當於原型約 9.1 公噸，試驗結果顯示，本斷面在各種不同條件試驗過程中，並無 ACCROPODE塊晃動或滑動現象，堪稱相當安定。

2. 越波量

斷面 I 不同重現週期，可能發生之水位、波浪作用下，越波量試驗結果分別如圖9與圖10所示。越波量大致隨重現週期增長波高增大而增加。試驗結果同時顯示作用波高為6.5公尺，週期為12.8秒，當暴潮位保持+3.0呎時，其單位寬度、單位時間，越波量值為 $9.52 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$ ，但在相同波浪作用下暴潮位提昇為+3.65 公尺時，其越波量則增加一倍以上。深海波高超為過6.6公尺，週期為 12.9 秒時，其越波量急速增加到每單位寬度、單位時間為 $24.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$ 。照片6為在波浪條件波高為7.13公尺，週期為13.5秒，水位為+3.65公尺時之越波情形。

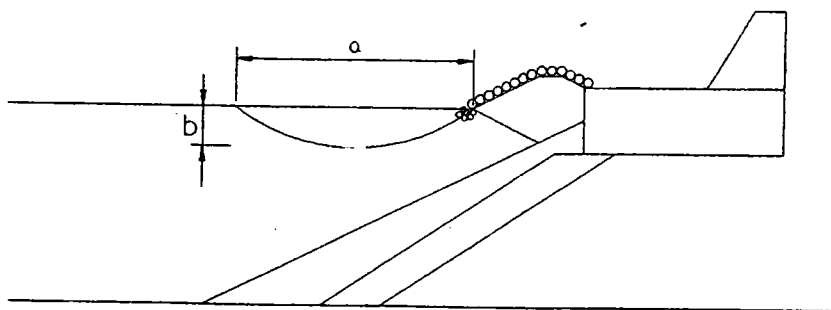
3. 堤址安定性

表2中試驗結果顯示，在平均潮位(M.W.L.)與最低低潮位(L.L.W.L.)時，堤址尚稱穩定。

表 2 海堤斷面 I 斷面試驗結果

水 位 P^a	重 現	波 高 (H)		週 期 (T)		越 波 量	堤 後 破 壞		消 波 塊		堤趾安定
	週 期	M^{ca}	P^a	M^{sec}	p^{sec}	$\frac{m^3}{s/m}$ $P \times 10^{-3}$	a	b	安定情況	安定情況	情 況
+3.65 (W.L.)	2	9.85	3.74	1.61	9.92	0	0	0	安 定	安 定	安 定
	3	10.82	4.11	1.66	10.23	0	0	0	安 定	安 定	安 定
	5	13.06	4.96	1.74	10.73	2.4	0	0	安 定	安 定	安 定
	10	14.19	5.39	1.85	11.40	2.9	2	0.3	安 定	安 定	安 定
	20	15.91	6.05	1.98	12.21	10.98	5	1	安 定	安 定	安 定
	40	17.39	6.61	2.11	13.01	24.4	9	1.7	安 定	安 定	安 定
	60	18.77	7.13	2.19	13.50	78.1	10	2.2	安 定	安 定	安 定
	100	20.79	7.90	2.30	14.18	80.3	12	3.0	安 定	安 定	安 定
+3.00 (W.L.)	20	15.89	6.04	1.87	11.53	4.88	2.7	0.5	安 定	安 定	安 定
	40	17.22	6.54	2.08	12.82	9.52	6	1.2	安 定	安 定	安 定
	60	18.57	7.06	2.08	12.82	11.96	6	1.5	安 定	安 定	安 定
+0.29 (H.W.L.)	40	17.39	6.61	2.13	13.13	0	0	0	安 定	安 定	安 定
	60	19.47	7.40	2.06	12.70	0	0	0	安 定	安 定	安 定
-2.69 (L.L.W.L.)	5	13.47	5.12	1.85	11.40	0	0	0	安 定	安 定	尚穩定
	60	19.65	7.47	2.04	12.58	0	0	0	安 定	安 定	尚穩定

註： P：原型； P^a ：原型(m)； P^{sec} ：原型(sec)；
M：模型 M^{ca} ：模型(cm)； M^{sec} ：模型(sec)；



4. 堤後破壞情況

本試驗堤後破壞情況係指防波堤陸側護面水塊後面之動床沙面，其示意圖如表2中所示。試驗結果顯示，在平均潮位以及最低潮位時，即使在波高約達7.5公尺，週期12.5秒波浪作用下，其堤後動床並無破壞情況；惟在暴潮位+3.0及+3.65^m水位時，在波高5.5公尺、週期11.5秒波浪作用下，堤後動床即有產生沖刷現象，且隨著波高、週期之加大，破壞情況益形明顯。在暴潮位+3.65公尺時，海堤陸側沖刷情形極為嚴重。照片7為海堤斷面(I)在波浪條件波高為7.13公尺，週期為13.5秒，水位為+3.65公尺時，堤後動床被沖刷情形。

(二)海堤斷面II試驗結果

根據海堤斷面I試驗結果，海堤斷面II如圖4及照片8所示，僅進行暴潮位+3.65^m以及平均潮位+0.29^m，最低低潮位-2.69^m等三種水位，在不同入射波浪條件作用下，量測其堤頂越波量、堤後破壞情形，ACCROPODE塊安定性以及堤址穩定性等。試驗結果整理如表3所述，茲說明如下：

1. ACCROPODE 塊安定性

本斷面，模型縮尺採用 1/50，海堤斷面總共放置366個重約165公克ACCROPODE塊，如照片9示。依模型縮尺1/50，165公克模型約相當於原型20.6公噸重，誤差率為+1.3%(容許誤差為±5%)。試驗結果顯示，本斷面II試驗過程中，於重現週期50年以上(包含50年)，原型波高約為7公尺以上時，有1~2個ACCROPODE塊晃動，但並未有滑動現象。照片10為ACCROPODE塊在波浪條件為波高7.23公尺，週期13.15秒，水位+3.65公尺時造波試驗後海堤穩定情況。由此顯示採用 ACCROPODE塊作為海堤護坡穩定性合乎要求。

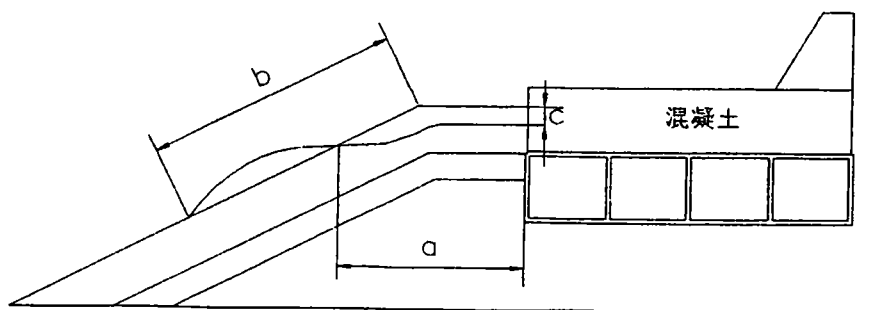
2. 越波量

圖11以及圖12分別為海堤斷面II在暴潮位+3.65^m時，受不同

表 3 海堤斷面Ⅱ斷面試驗結果

水 位 P^a	重 現 週 期	波 高 (H)		週 期 (T)		越 波 量 $\frac{m^3}{s/m}$ $P \times 10^{-3}$	堤 後 破 壞			消 波 塊 安定情況	堤趾安定 情 況
		M^{ca}	P^a	M^{sec}	P^{sec}		a	b	C		
+3.65 (W.L.)	1	7.94	3.97	1.30	9.19	0	0	0	0	安 定	安 定
	5	9.91	4.96	1.51	10.68	3.7	0	0	0	安 定	安 定
	10	10.52	5.26	1.61	11.38	40.5	0	0	0	安 定	安 定
	20	13.15	6.58	1.73	12.23	176.8	16	25	1.2	安 定	安 定
	28	12.80	6.40	1.74	12.30	212.2	16	30	1.3	安 定	安 定
	32	13.59	6.80	1.82	12.87	235.7	15	29	2.0	安 定	安 定
	40	14.10	7.05	1.74	12.30	303.1	20	30	1.8	安 定	安 定
	50	15.69	7.85	1.75	12.37	353.5	16	25	2.5	1 搖	安 定
	75	14.47	7.24	1.86	13.15	385.6	18	30	2.5	2 搖	安 定
	100	15.85	7.93	2.10	14.85	392.7	18	30	2.5	2 搖	安 定
+0.29 (H.W.L.)	10	10.38	5.19	1.75	12.37	0	0	0	0	安 定	大波時些 微 移 動
	12	11.37	5.69	1.66	11.74	0	0	0	0	安 定	大波時些 微 移 動
-2.69 (L.L.W.L.)	2	8.87	4.44	1.74	12.30	0	0	0	0	安 定	大波時隨 波浪前後 移動
	10	10.15	5.08	1.70	12.02	0	0	0	0	安 定	大波時堤 趾拋石鑲 入消波塊 孔隙中

註：P：原型； P^a ：原型(m)； P^{sec} ：原型(sec)；
M：模型 M^{ca} ：模型(cm)； M^{sec} ：模型(sec)；



重現週期深海入射波浪作用時，其越波量試驗結果；圖中顯示，海堤斷面Ⅱ在深海入射波高小於5^m時，其越波量幾乎等於零，惟波高超過5^m時，則越波量明顯增加；海堤斷面Ⅱ胸牆高度+9.0^m，受50年重現週期，即示性波高為7.00^m作用時，越波量約為0.386^{m³/s/m}，此值對海堤而言雖乃在容許範圍內，但對堤後造成破壞已明顯危及第二層拋石。

3. 堤趾安定性

海堤斷面Ⅱ試驗結果顯示，在平均水位(M.W.L.)時，堤趾處拋石受較大波浪作用時隨波浪起伏前後移動，模型上位移約為3公分左右；在最低低潮位(L.L.W.L.)時，堤趾處拋石受較大波浪作用時，不僅隨波浪前後位移，且在大浪作用時，塊石被帶入ACCROPODE塊孔隙中。

4. 堤後破壞情況

本試驗堤後破壞情況，係指海堤陸側拋石斷面之破壞情況，其示意圖如表3中所示。試驗結果顯示海堤斷面Ⅱ在平均潮位(M.W.L.)以及最低低潮位(L.L.W.L.)時，由於無越波量發生，故堤後拋石非常安定；但在暴潮位+3.65^m時，受6.5^m以上深海入射波高作用時，海堤陸側拋石基礎產生破壞現象。

照片11為海斷面Ⅱ在水位+3.65^m試驗波浪作用下，波高7.23^m，週期13.15^{sec}，海堤陸側拋石基礎破壞情況。

(三)海堤斷面Ⅲ試驗結果

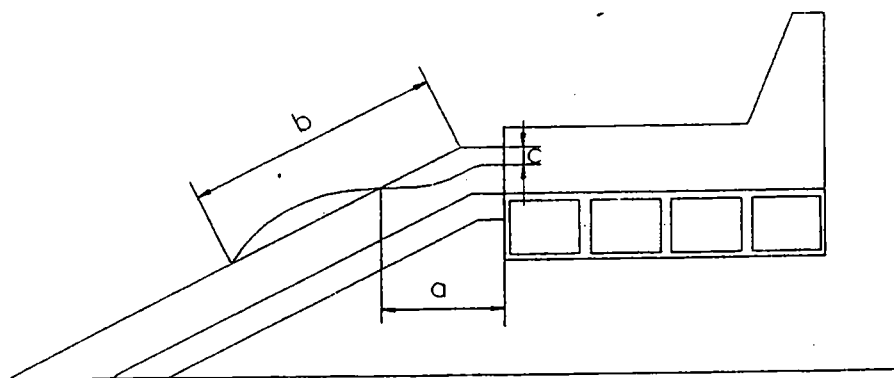
海堤斷面Ⅲ試驗結果顯示，堤高+9.0^m，試驗暴潮位 +3.65^m，若以50年為重現週期，設計波高為7^m時，試驗明顯產生嚴重越波現象。試驗結果50年重現週期為0.386^{m³/s/m}。

海堤斷面Ⅲ如圖5及照片12所示，為海堤斷面Ⅱ之修正斷面，並將堤頂高度增加至+10.5^m，試驗試驗結果顯示海堤斷面Ⅲ在暴潮位+3.65^m以及平均潮位 +0.29^m，最低低潮位 -2.69^m等三種水位，受不同重現週期波浪條件作用下，其堤頂越波量、堤後破壞情形、ACCROPODE塊安定性以及堤趾穩定性等試驗結果分別整理如表4中所述，並說明如下：

表 4 海堤斷面Ⅲ斷面試驗結果

水 位 P^a	重 現	波 高 (H)		週 期 (T)		越 波 量	堤 後 破 壞			消 波 塊 安定情況	堤趾安定 情 況
	週 期	M^{ca}	P^a	M^{sec}	P^{sec}	$\frac{m^3}{s/m}$ $P \times 10^{-3}$	a	b	C		
+3.65 (W.L.)	1	7.57	3.79	1.31	9.26	0	0	0	0	安 定	安 定
	5	9.58	4.79	1.47	10.39	0	0	0	0	安 定	安 定
	10	10.38	5.19	1.59	11.24	4.4	0	0	0	安 定	安 定
	20	11.57	5.79	1.66	11.74	40.5	4	2	0	安 定	安 定
	28	12.65	6.33	1.79	12.66	53	6	6	0	安 定	安 定
	32	13.14	6.57	1.81	12.80	71	6	12	0.8	安 定	安 定
	40	13.44	6.72	1.85	13.08	106	6	14	1	1 搖	安 定
	50	14.48	7.24	1.88	13.29	112	8	25	2	1 搖	安 定
	75	15.56	7.78	1.89	13.36	114.7	8	22	2	1 搖	安 定
+0.29 (H.W.L.)	2	8.61	4.31	1.73	12.23	0	0	0	0	安 定	安 定
	10	10.07	5.04	1.81	12.80	0	0	0	0	安 定	安 定
-2.69 (L.L.W.L.)	2	8.68	4.34	1.67	11.81	0	0	0	0	安 定	大波時 小顆粒些 微移動
	10	10.44	5.22	1.70	12.02	0	0	0	0	安 定	大波時 小顆粒些 微移動

註：P：原型； P^a ：原型(m)； P^{sec} ：原型(sec)；
M：模型 M^{ca} ：模型(cm)； M^{sec} ：模型(sec)；



1. ACCROPODE塊安定性

本斷面Ⅲ模型縮尺採用1/50,全部斷面模型總共放置429個重約165公克之ACCROPODE塊,如照片13所示,排放誤差率為-0.9%(容許誤差為±5%)。165公克ACCROPODE塊模型按模型縮尺1/50約相當於原型20.0tons重。試驗結果顯示,本修正即海堤斷面Ⅲ,受重現週期50年以上波浪作用時,除堤面轉角處有一個ACCROPODE塊晃動外,並無滑動現象。ACCROPODE塊作為海堤護坡型塊具有極大安定性。

照片14為海堤斷面ⅢACCROPODE塊在水位為+3.65^m時受波高為7.24^m,週期13.3^{sec}作用,後堤身安定情況。

2. 越波量

圖13以及圖14分別為海堤斷面Ⅲ在暴潮位+3.65^m時,受不同重現週期可能發生深海入射波高作用時,其越波量試驗結果。胸牆高度自+9.0^m提高為+10.5^m,故試驗結果顯示,本斷面越波量較海堤斷面Ⅱ越波量呈顯著減少,僅約為斷面Ⅱ越波量之三分之一。

3. 堤趾安定性

本斷面試驗結果顯示,在平均水位(M.W.L.)+0.29^m時,堤趾處之拋石尚稱穩定;而在最低低潮位(L.L.W.L.)-2.69^m時,由於底層拋石長度之增加雖產生少部份較小塊石位移現象。試驗證明因堤頂高度增加其堤趾安定已獲顯著改善。

4. 堤後拋石基礎破壞情況

本斷面試驗結果,堤後拋石基礎破壞情況,顯較海堤斷面Ⅱ改善很多。受重現週期20年波浪作用,堤後拋石基礎僅在轉角處有些微位移;而重現週期50年波浪作用,堤後拋石基礎雖有些破壞,但仍不至於危及第二層拋石。

照片15為海堤斷面Ⅲ在水位為+3.65^m時,受波高7.24^m,週期13.3^{sec}作用,堤後拋石基礎破壞壞況。

六、結論與建議

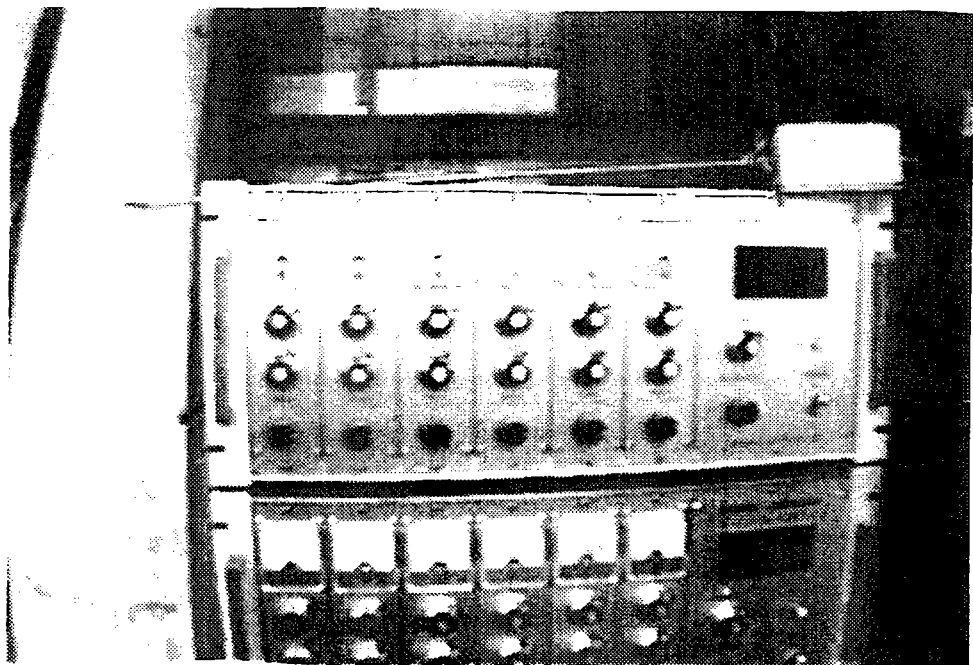
綜合以上試驗分析結果，可獲致以下數點結論：

- 一、在底床基礎平整穩固，由法國Sogreah公司提供ACCROPODE塊模型，依該公司所訂排放原則，單位面積個數，單層ACCROPODE塊相鄰行列間距分別為 M1, M2，避免相鄰三個ACCROPODE塊同向等原則佈置試驗模型，試驗結果顯示ACCROPODE塊作為海堤護坡安定性甚佳。
- 二、Sogreah 公司所提供海堤斷面 I，試驗結果顯示，其堤頂越波量甚小，但若考量重現週期為50年以上波浪條件，則堤頂越波現象將對堤後填土產生沖刷破壞，為避免造成堤後大規模新生地沖刷應注意堤後排水設施設計。
- 三、海堤斷面 II，試驗結果顯示，由於設計堤頂高度過低，受較大波浪作用時產生大量越波造成堤後拋石基礎之破壞，甚至危及第二層拋石之安定。
- 四、海堤斷面 III，依根據海堤斷面 II 試驗結果修正斷面，將胸牆高度由原先之+9.0^m 提高為+10.5^m，試驗結果顯示，對改善越波量以及堤後拋石基礎之安定，有顯著效果。
- 五、綜合而言，ACCROPODE 塊作為海堤護坡，其穩定性甚佳。在暴潮位 +3.65^m 受重現週期50年以上可能發生波浪作用時，堤後側可能產生局部沖刷，設計時加以防範。

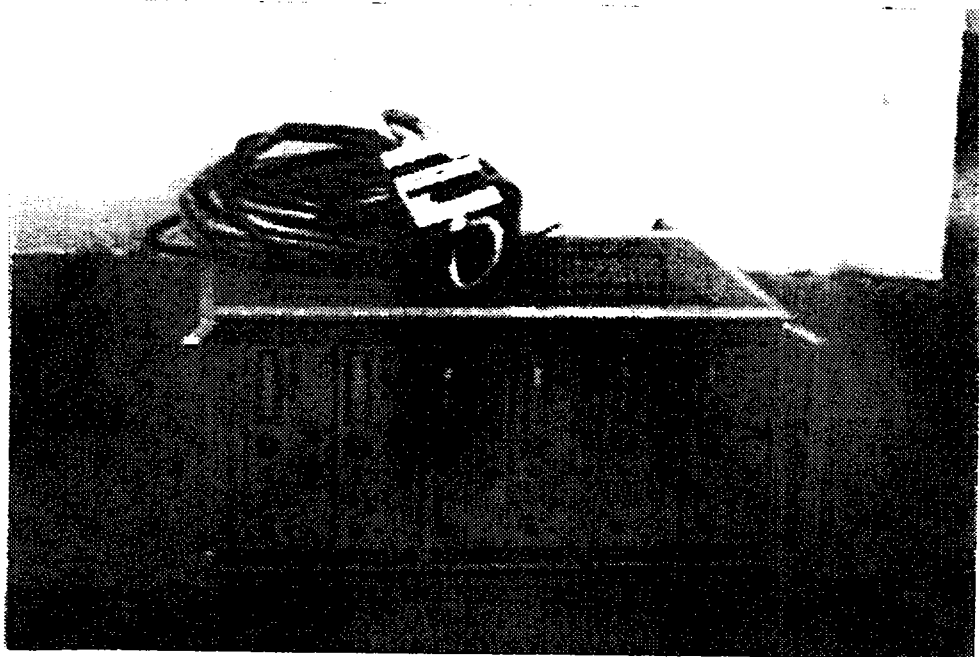
附
錄
A

照

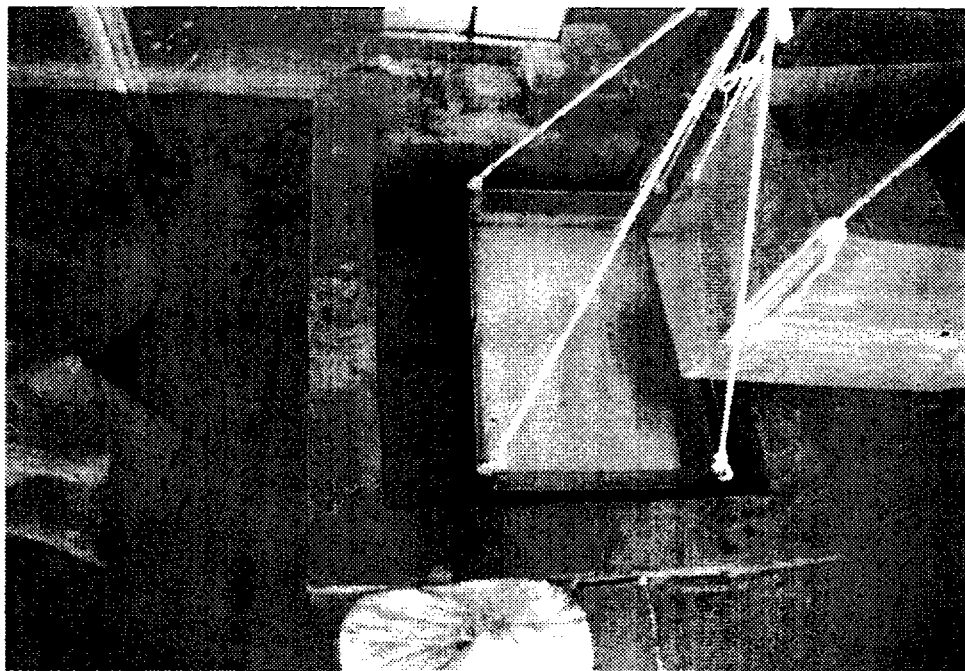
片



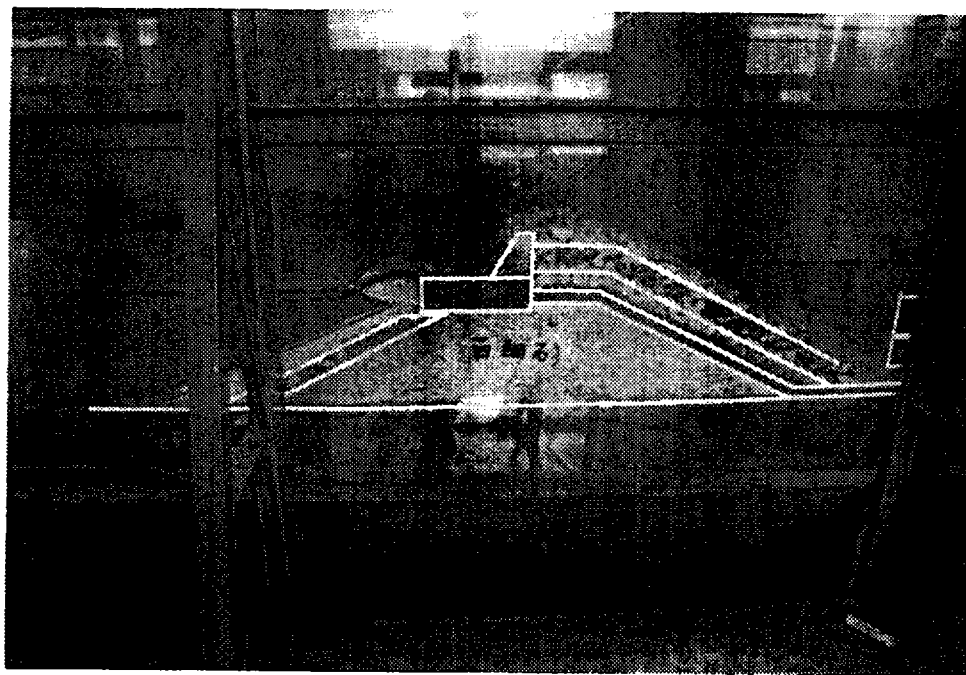
照片 1 容量型波高計



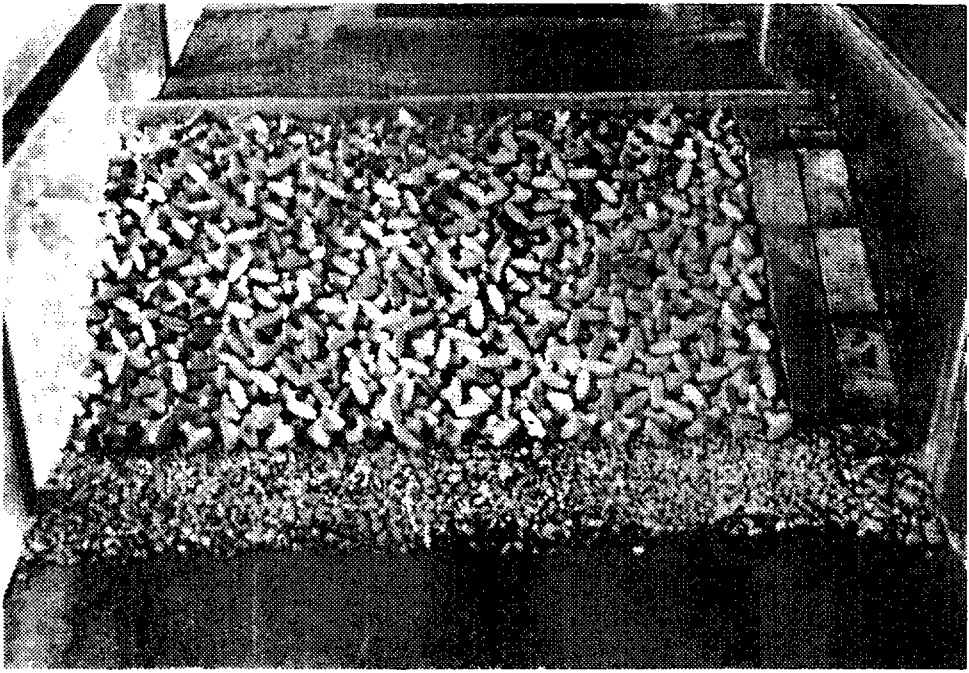
照片 2 荷重計



照片 3 隔離水井



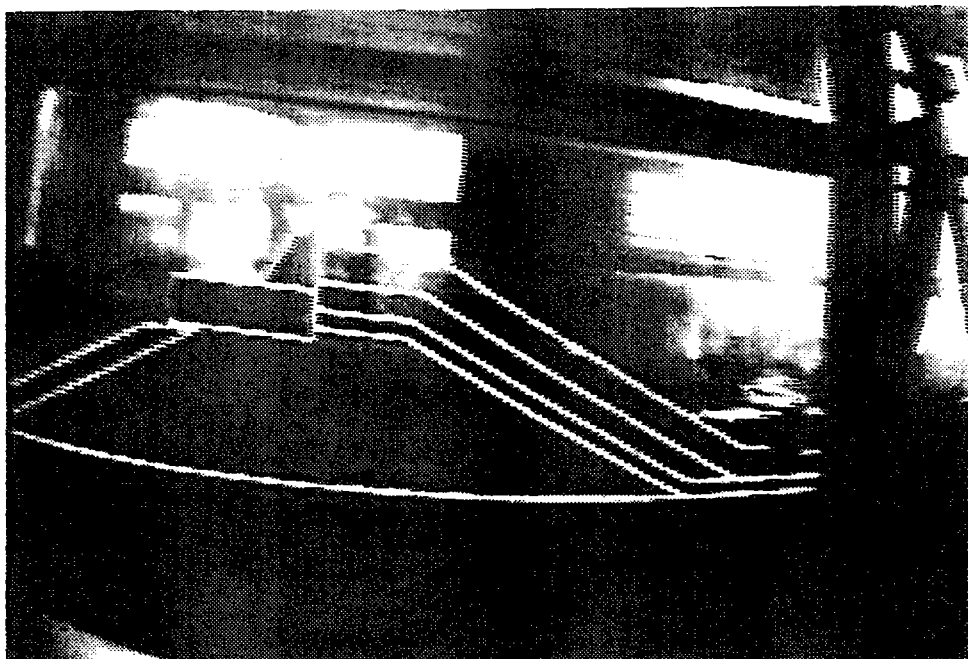
照片 4 海堤斷面 I



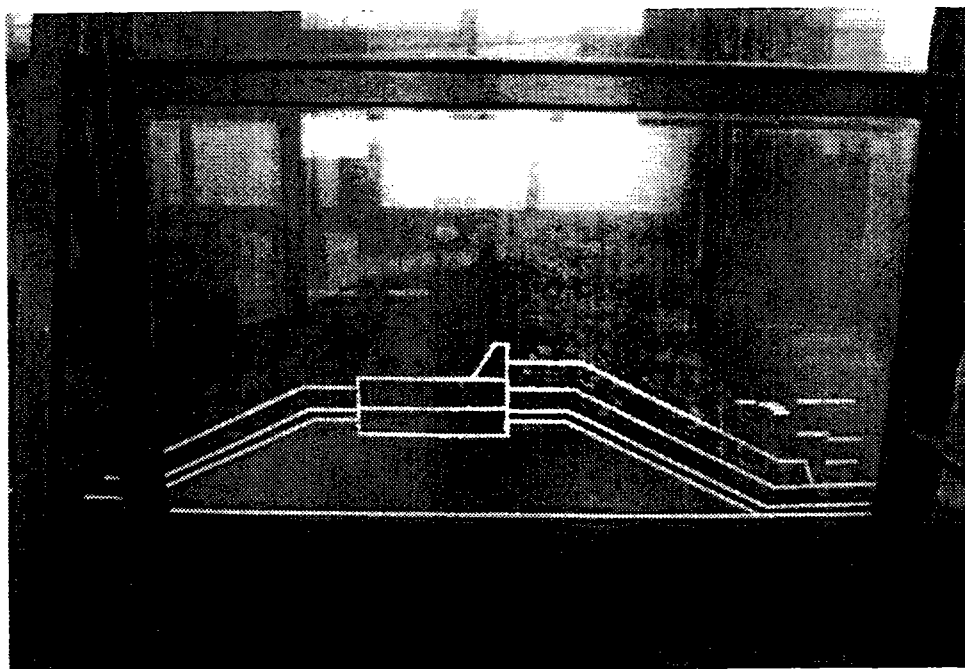
照片5 海堤斷面 I ACCROPODE 塊放置情況



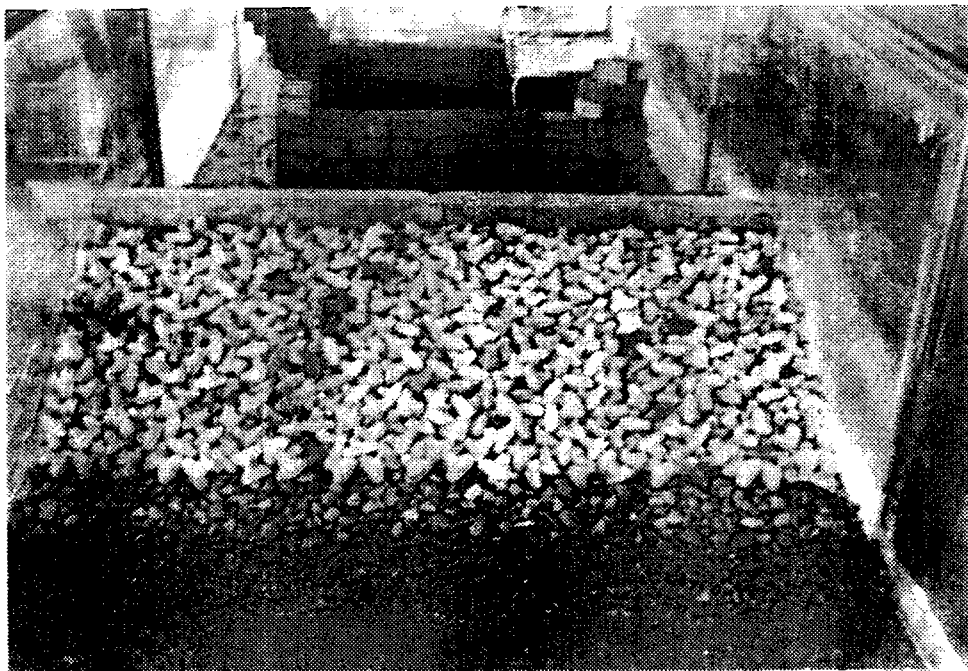
照片6 海堤斷面 I ;
波高7.13公尺, 週期13.5秒, 水位+3.65公尺, 越波情況



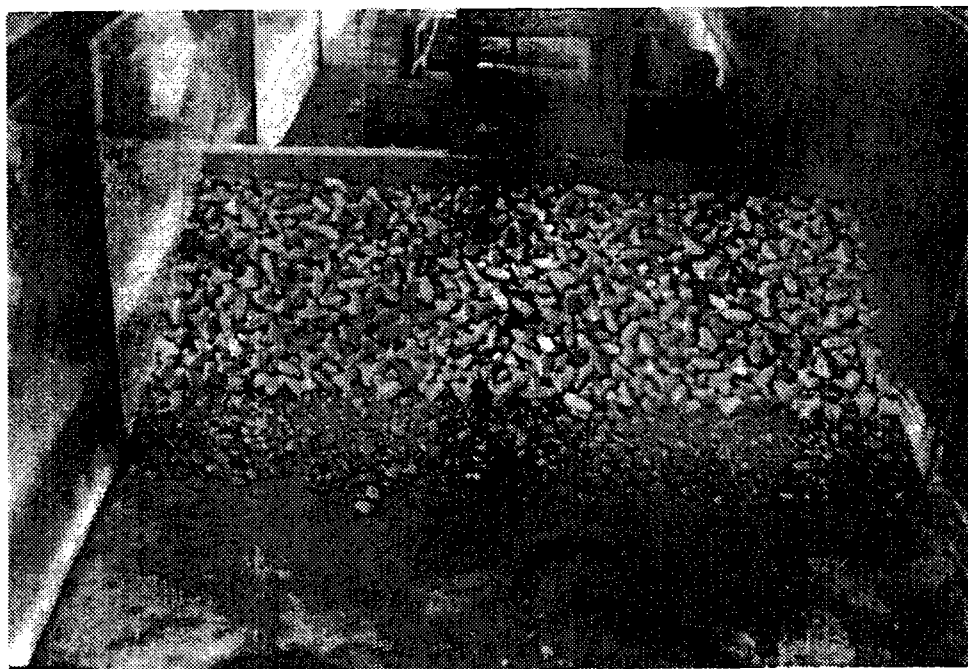
照片7 海堤斷面 I
波高7.13公尺，週期13.5秒，水位+3.65公尺，堤後破壞情形



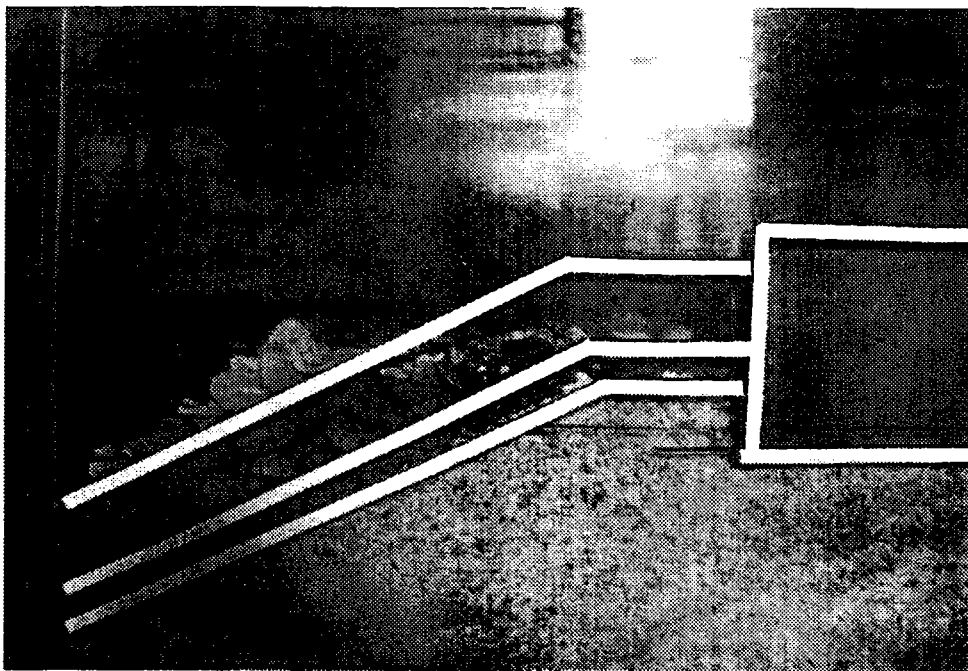
照片8 海堤斷面 II



照片9 海堤斷面Ⅱ ACCROPODE 塊放置情況

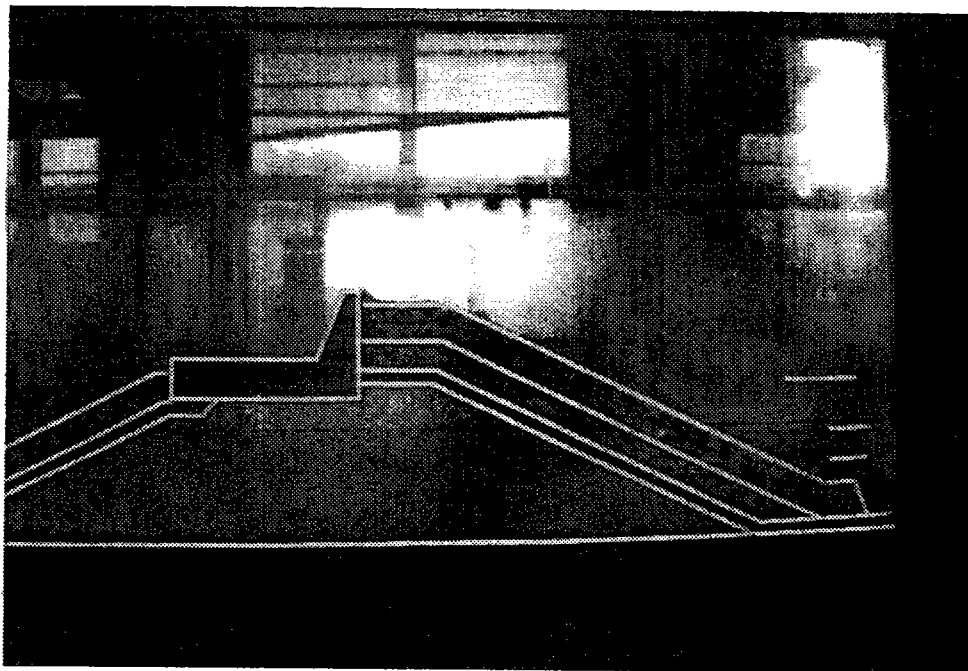


照片10 海堤斷面Ⅱ
波高7.23公尺，週期13.15秒，水位+3.65公尺，造波後穩定情形

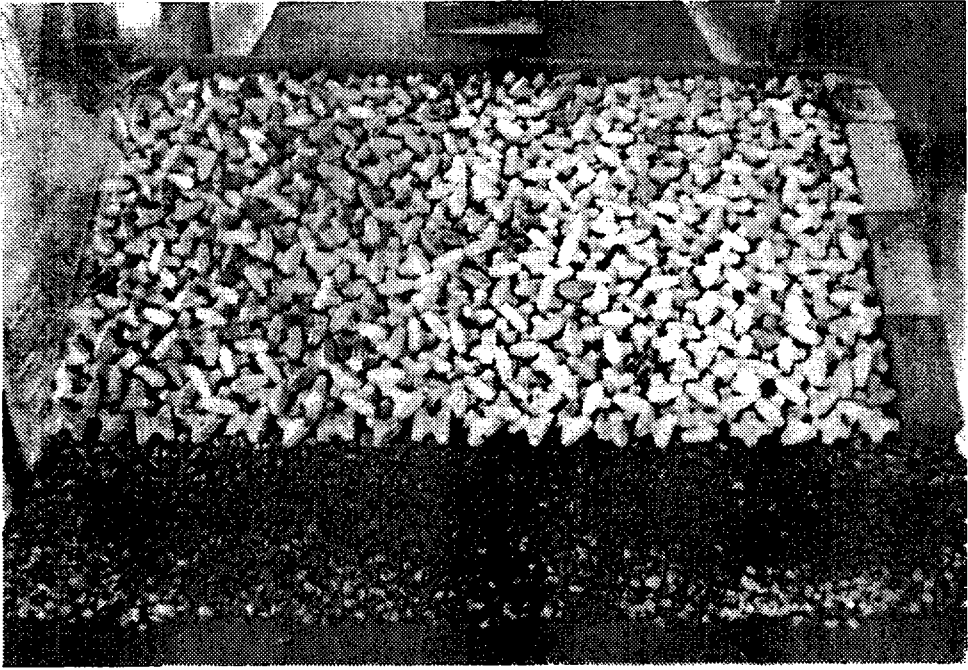


照片11 海堤斷面 II

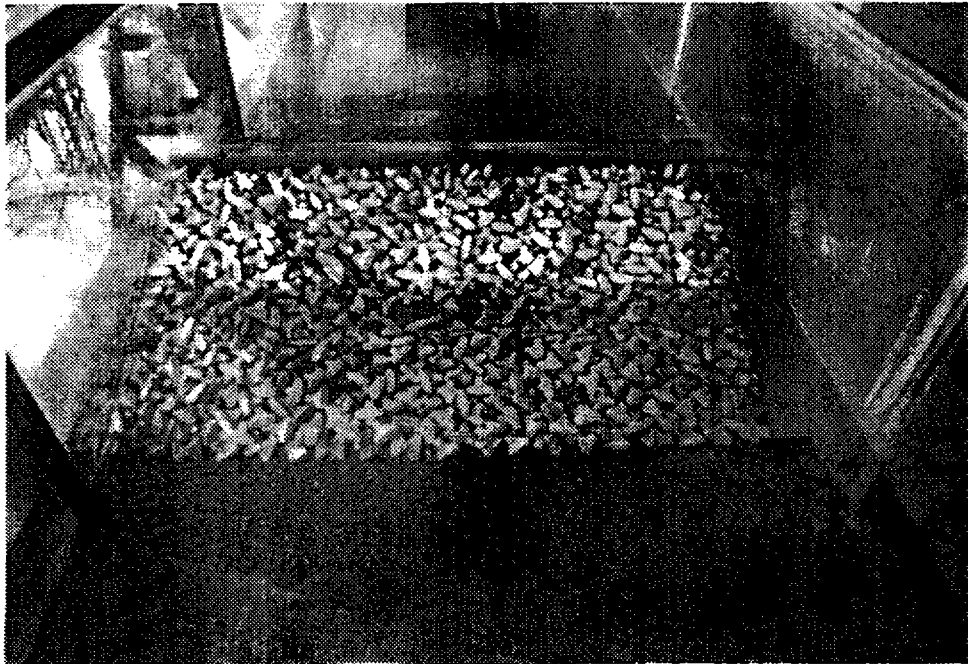
波高7.23公尺，週期13.15秒，水位+3.65公尺，堤後破壞情形



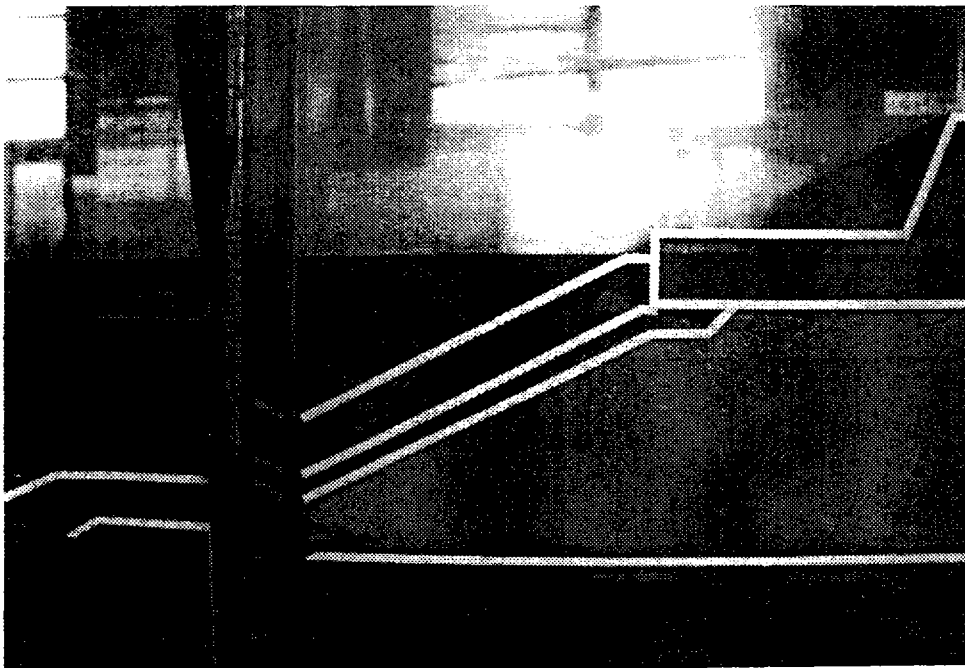
照片12 海堤斷面 III



照片13 海堤斷面Ⅲ ACCROPODE 塊放置情況



照片14 海堤斷面Ⅲ
波高7.24公尺，週期13.3秒，水位+3.65公尺，造波後穩定情形



照片15 海堤斷面Ⅲ
波高7.24公尺，週期13.3秒，水位+3.65公尺，堤後破壞情形

附

錄

B

圖

形

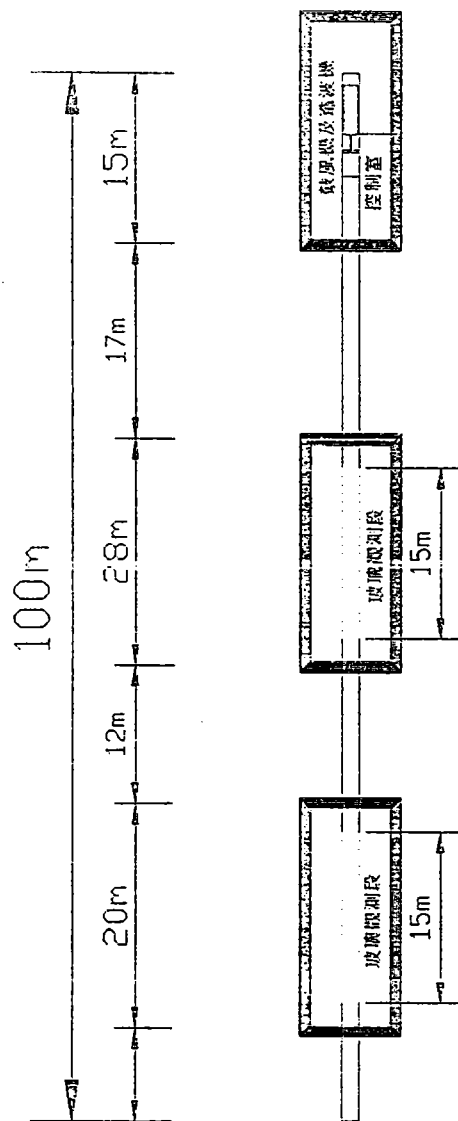


圖 1(a) 風浪流水槽斷面佈置示意圖

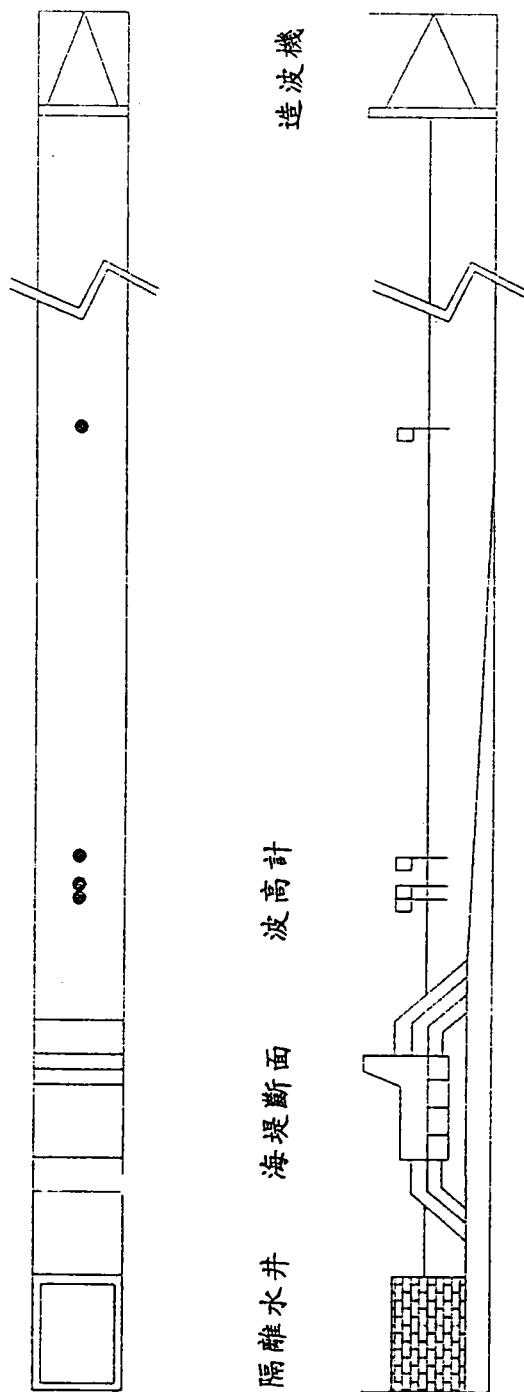


圖 1(b) 斷面模型佈置示意圖

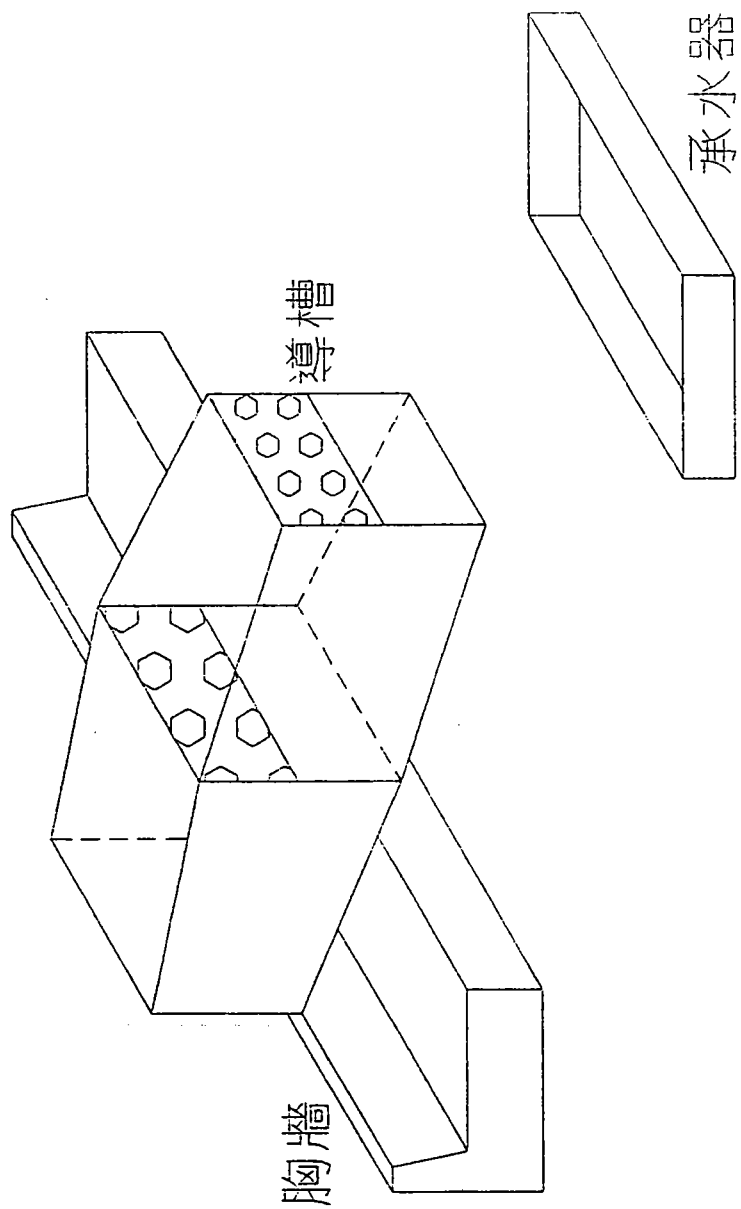


圖 2 越波量量取器

距	原型	0 ⁿ	340 ⁿ	480 ⁿ	700 ⁿ	840 ⁿ	1000 ⁿ	1400 ⁿ	1750 ⁿ
離	模型	0 ⁿ	8.95 ⁿ	12.63 ⁿ	18.42 ⁿ	22.11 ⁿ	26.32 ⁿ	36.84 ⁿ	46.05 ⁿ
高	原型	-5.5 ⁿ	-7 ⁿ	-8 ⁿ	-10 ⁿ	-15 ⁿ	-20 ⁿ	-25 ⁿ	-30 ⁿ
程	模型	-14.5 ^{cm}	-18.4 ^{cm}	-21.1 ^{cm}	-26.3 ^{cm}	-39.5 ^{cm}	-52.6 ^{cm}	-65.8 ^{cm}	-78.9 ^{cm}

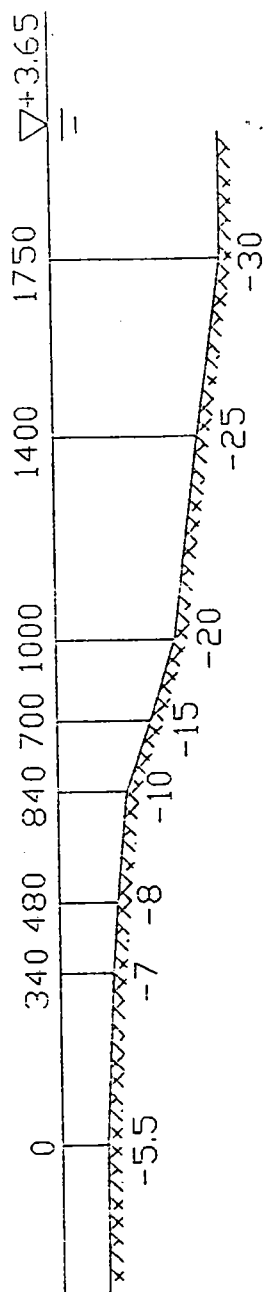


圖 3 (b)海堤斷面 I 之底床斷面

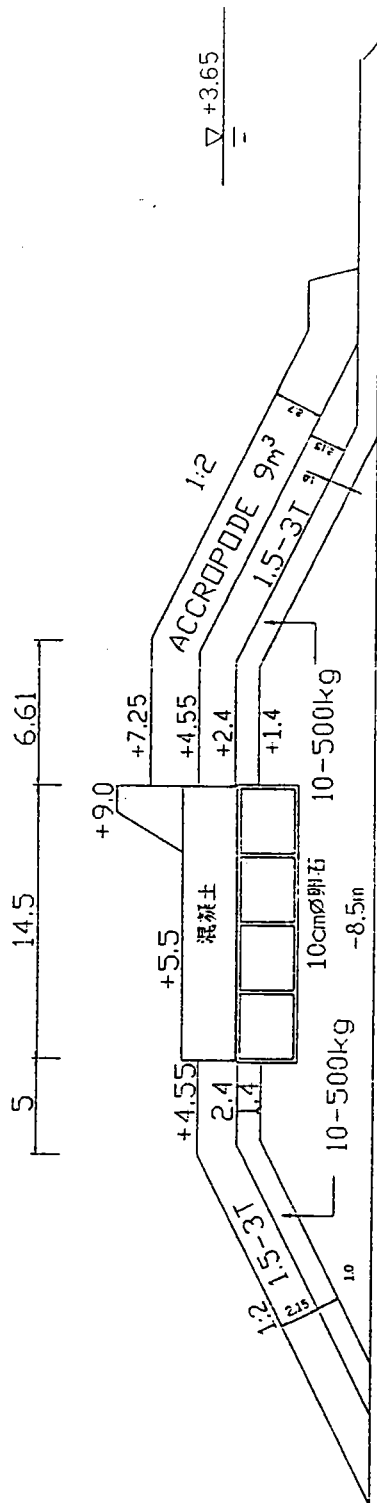


圖 4 (a)海堤斷面 II

距離	實體	0 ⁿ	190 ⁿ	435 ⁿ	830 ⁿ	1170 ⁿ
	模型	0 ⁿ	3.8 ⁿ	8.7 ⁿ	16.6 ⁿ	23.4 ⁿ
高程	實體	-8.5 ⁿ	-15 ⁿ	-20 ⁿ	-25 ⁿ	-30 ⁿ
	模型	-17 ^{cm}	-30 ^{cm}	-40 ^{cm}	-50 ^{cm}	-60 ^{cm}

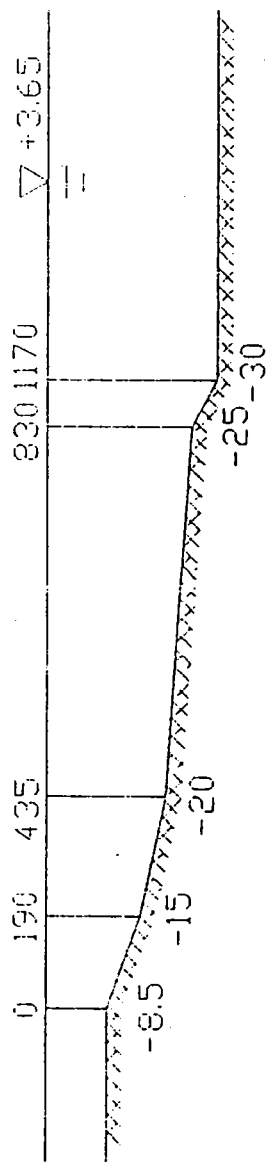


圖 4 (b)海堤斷面 II 之底床斷面

距離	實體	0 ⁿ	190 ⁿ	435 ⁿ	830 ⁿ	1170 ⁿ
	模型	0 ⁿ	3.8 ⁿ	8.7 ⁿ	16.6 ⁿ	23.4 ⁿ
高程	實體	-8.5 ⁿ	-15 ⁿ	-20 ⁿ	-25 ⁿ	-30 ⁿ
	模型	-17 ^{cm}	-30 ^{cm}	-40 ^{cm}	-50 ^{cm}	-60 ^{cm}

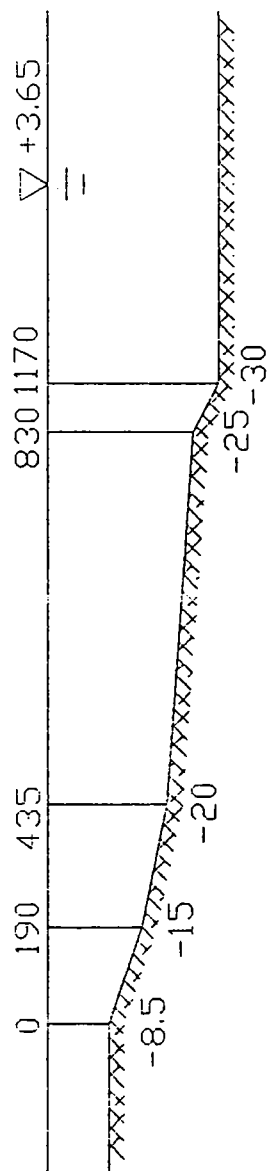


圖 5 (b)海堤斷面Ⅲ之底床斷面

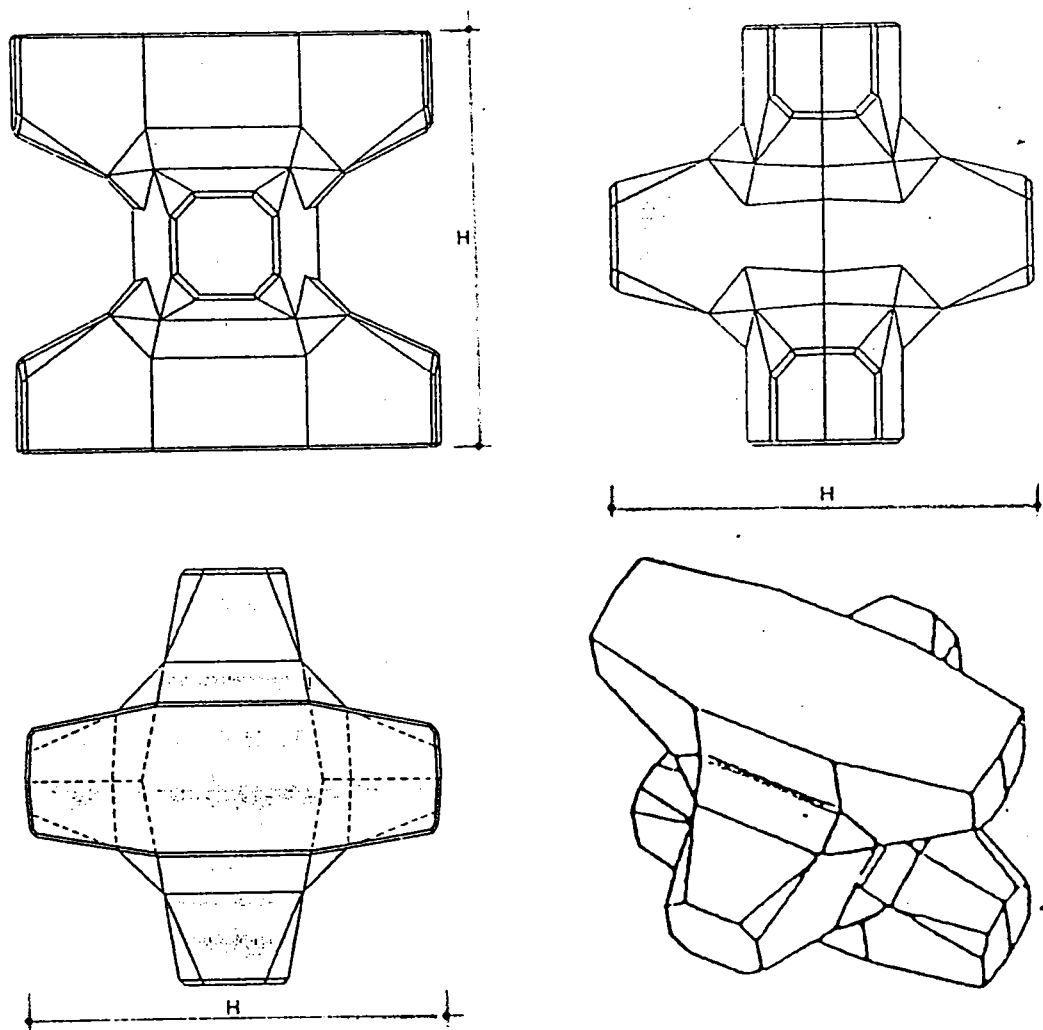
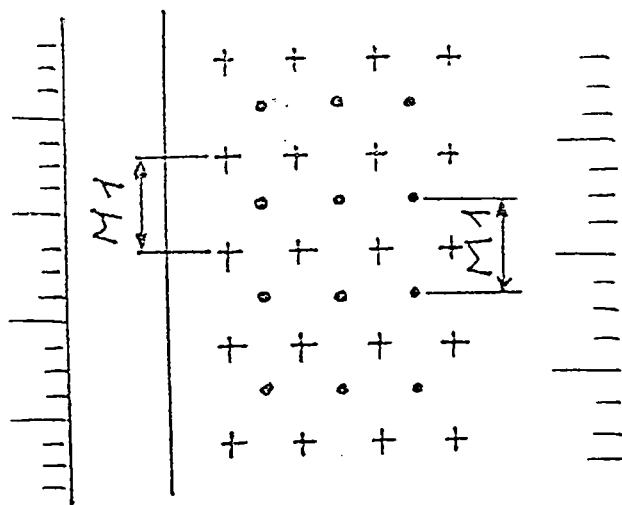
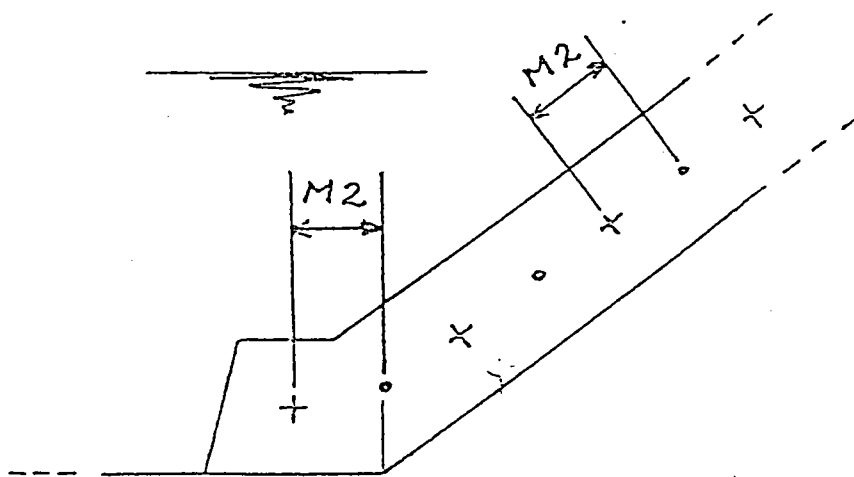


圖 6 ACCROPODE 塊示意圖



(a) 上視圖



(b) 側視圖

圖 7 ACCROPODE 塊排放相對位置圖

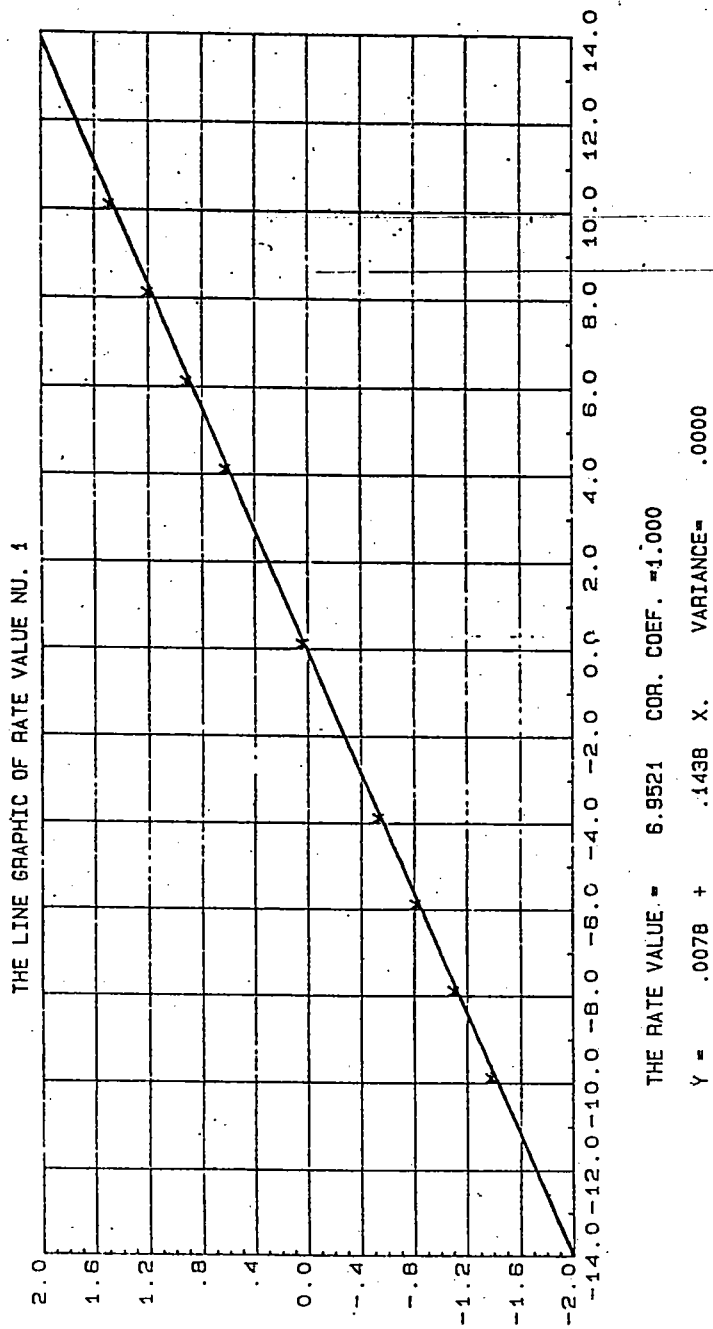


圖 8 波高計率定線

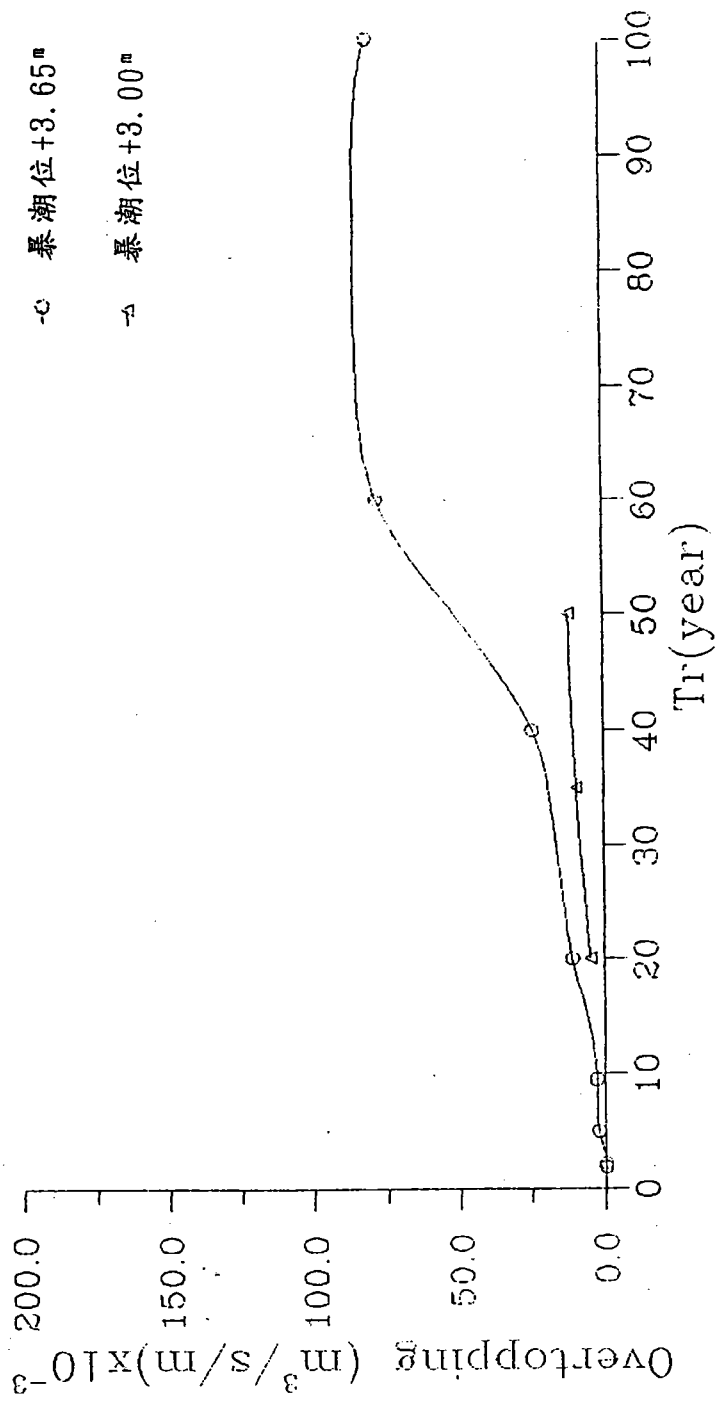


圖9 海堤斷面 I 重現週期與越波量關係圖

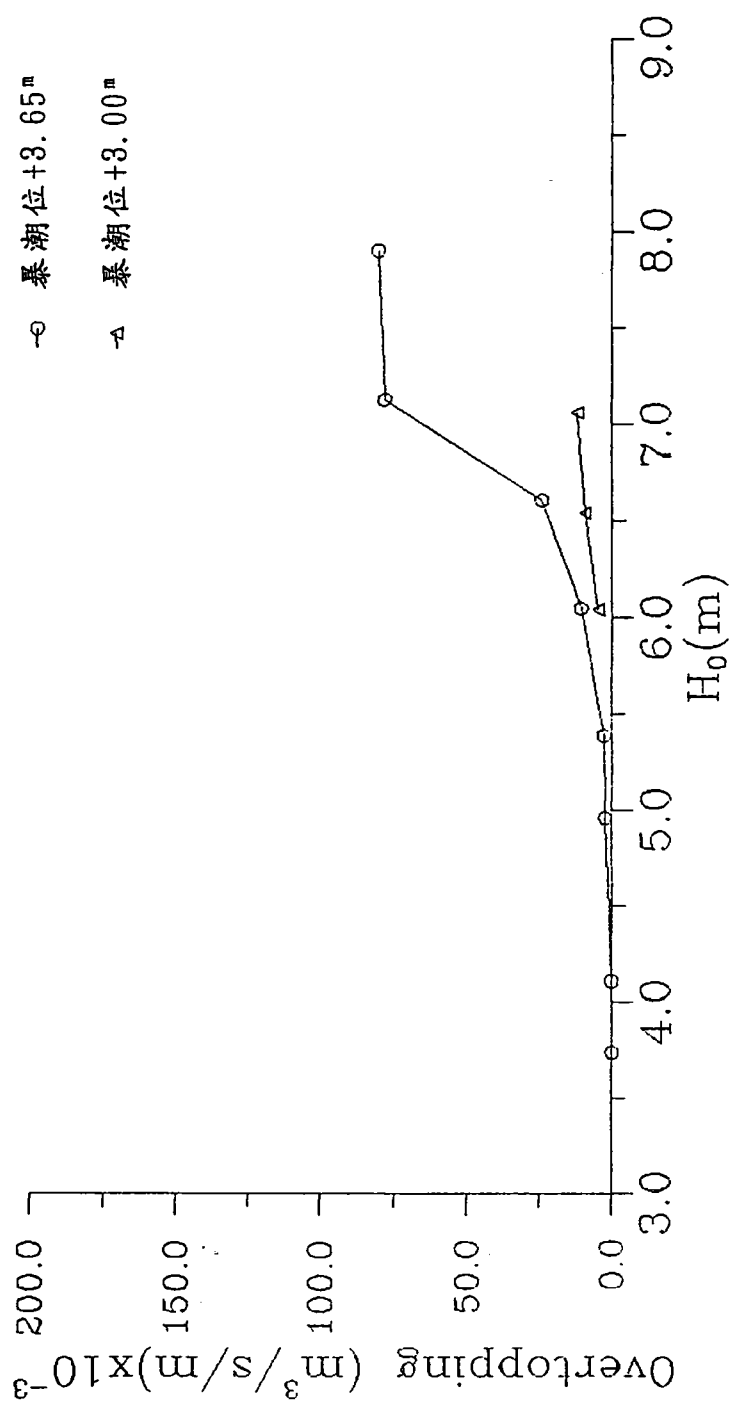


圖10 海堤斷面 I 波高與越波量關係圖

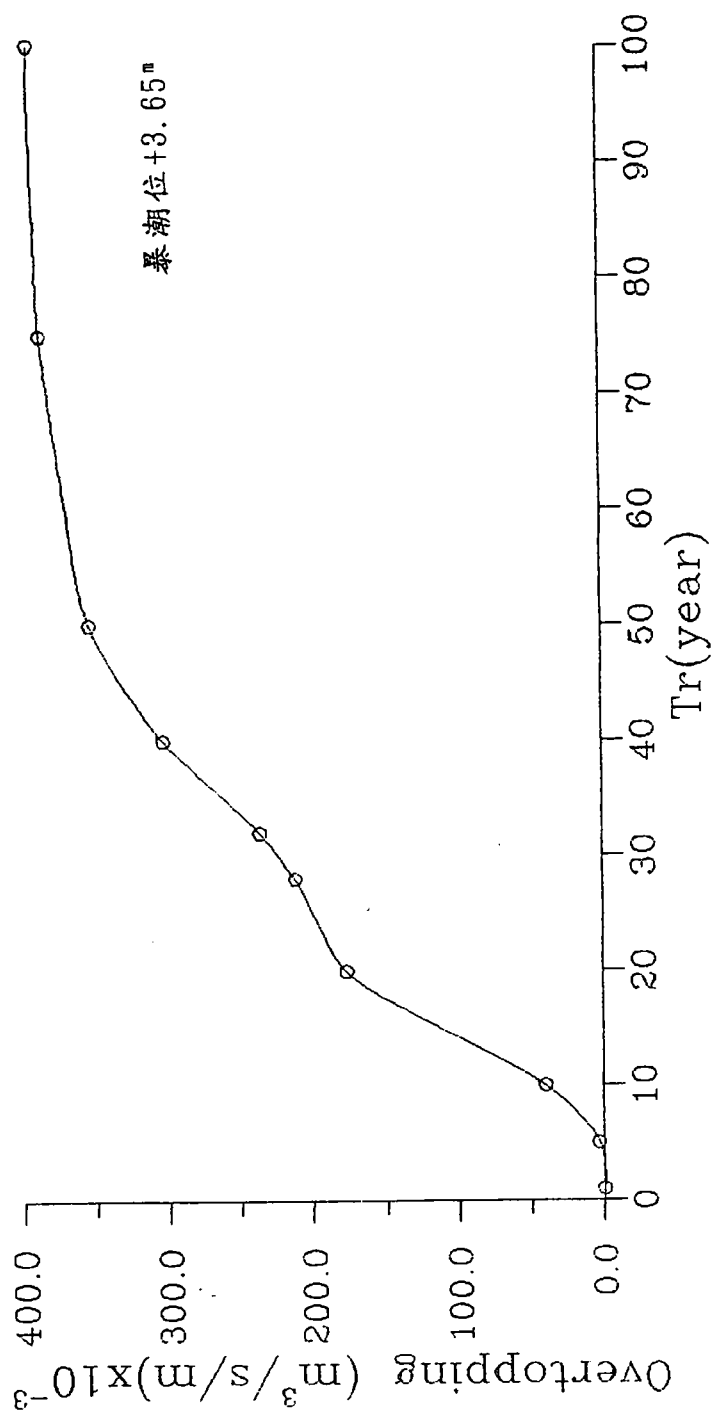


圖11 海堤斷面II重現週期與越波量關係圖

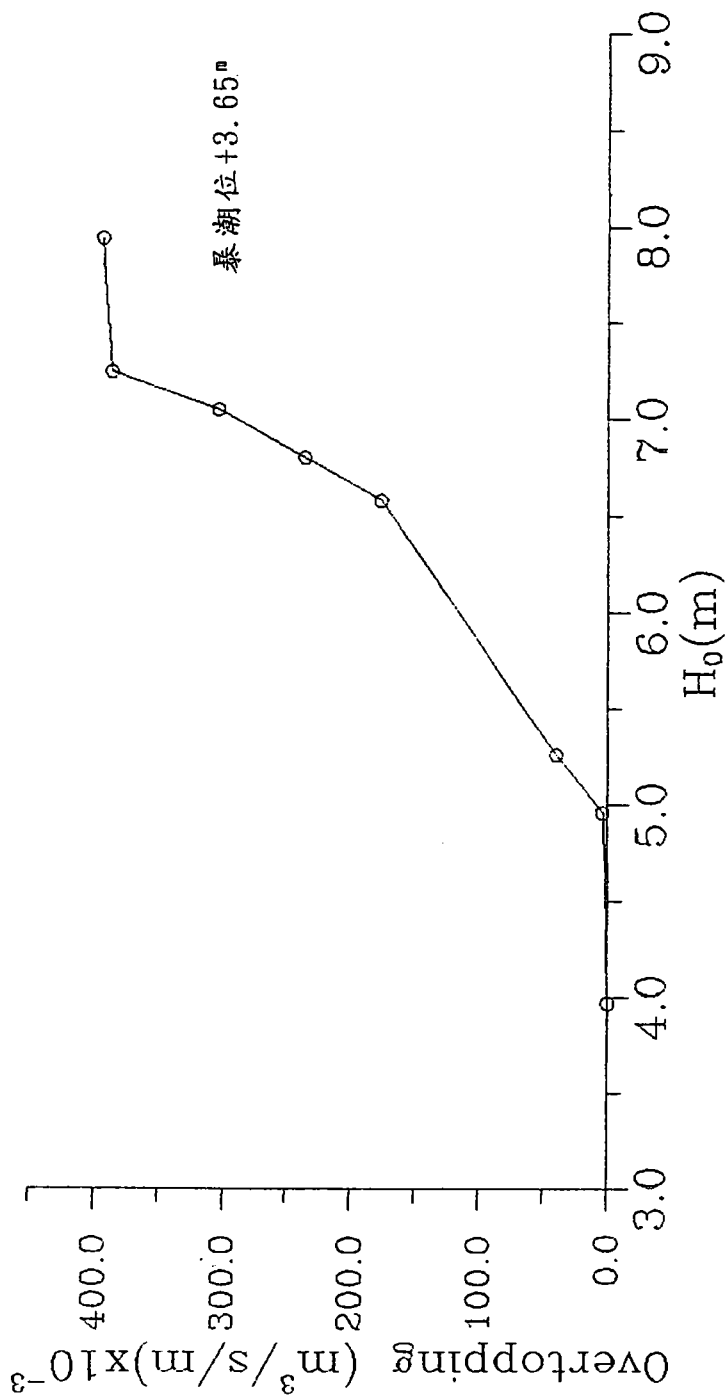


圖12 海堤斷面Ⅱ波高與越波量關係圖

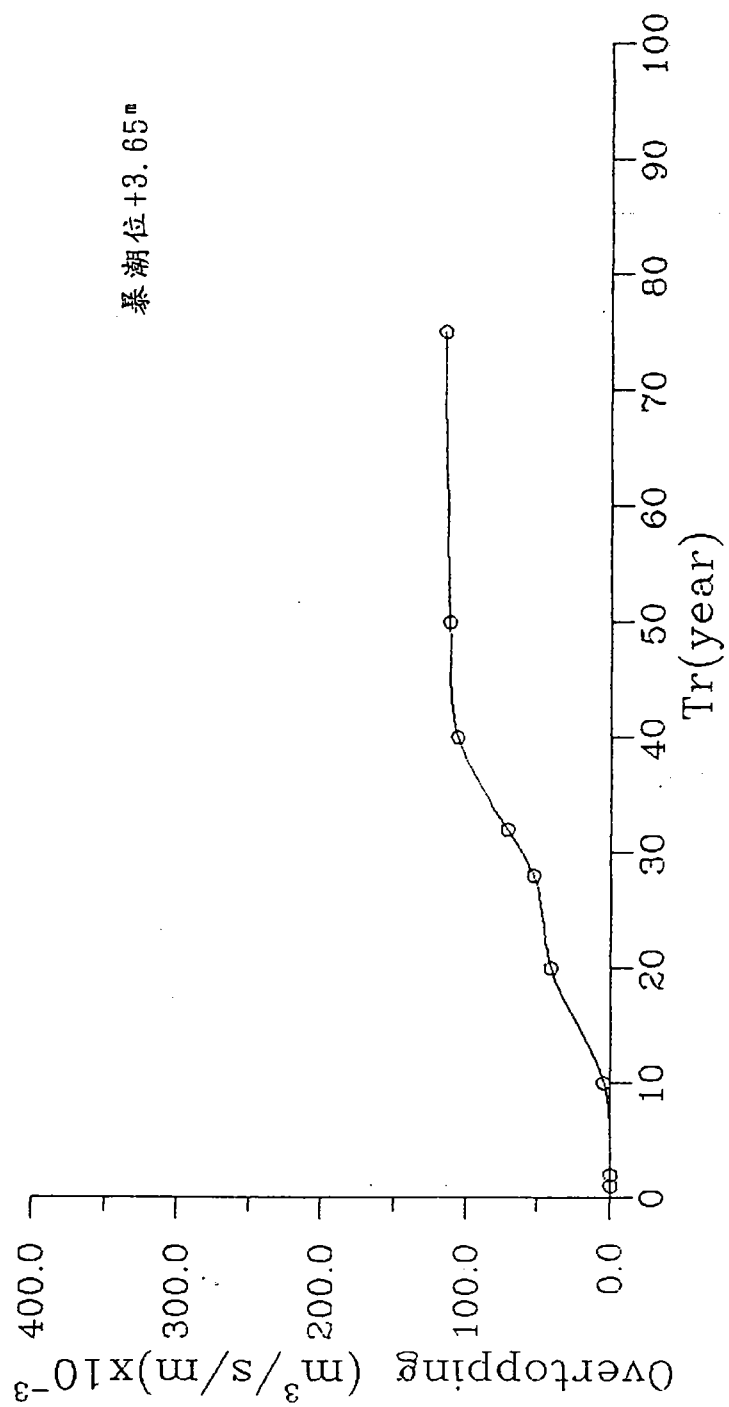


圖13 海堤斷面Ⅲ重現週期與越波量關係圖

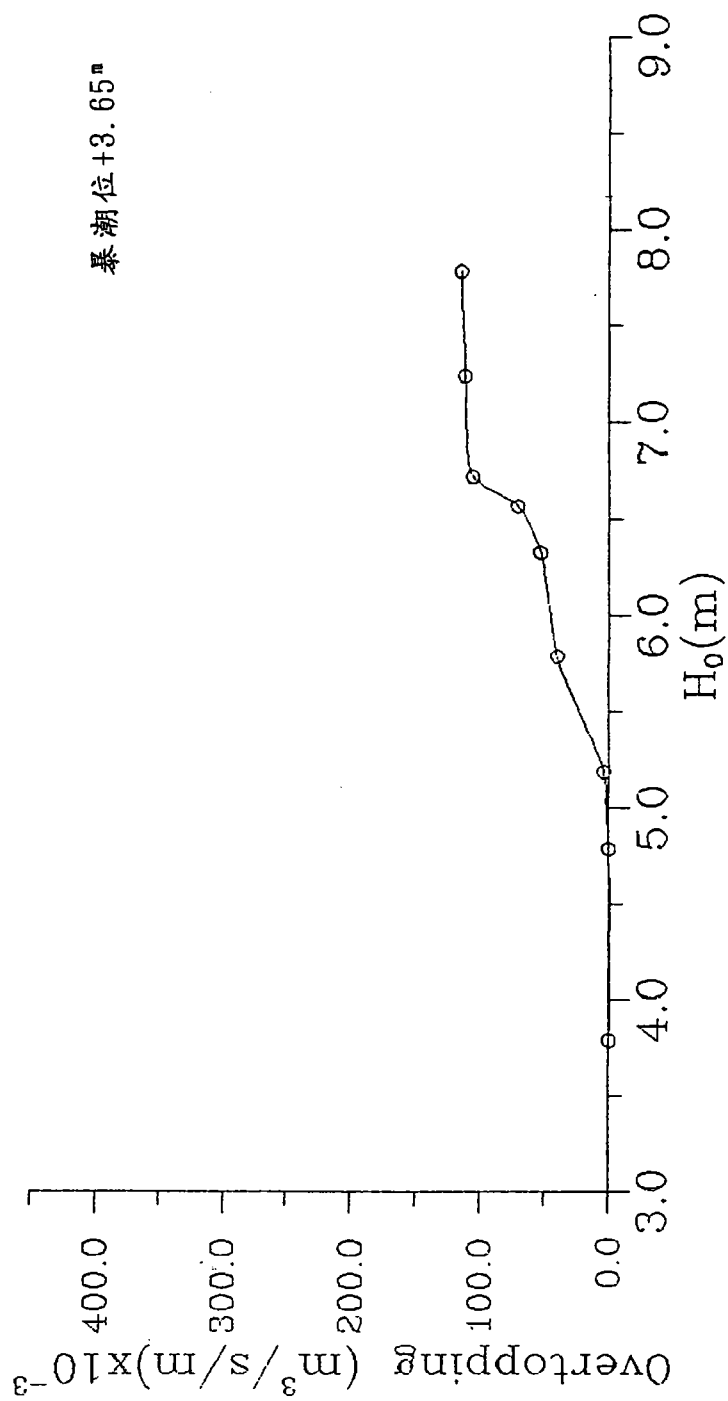


圖14 海堤斷面Ⅲ波高與越波量關係圖

誌 謝

本研究之得順利進行，必須感謝法國SOGREAH公司工程師Louis Sanchez 先生，於試驗期間之鼎力幫忙並提供寶貴經驗，特別是其研究態度與治學理念，給予不少啓示。另蒙張所長、黃組長於研究期間不吝指導，尤其是報告撰寫上提供寶貴意見，並予以潤飾，本文才得以完稿，其功不可沒。值得一提的是英文報告，張所長特別撥空執筆撰稿，更當感激。最後感謝共同參與本計劃的其他研究人員共同參與，謹此誌謝。