

林口發電廠煤灰塘影響進出水口漂沙對策佈置之水工模型試驗研究

計畫主持人：副所長 侯 和 雄

專任研究助理：廖 泰 璋

參與研究人員：組 長 歐陽 餘 慶

助理研究員 曾 哲 茂

助理研究員 翁 國 和

助 理 助 理 助 球

助 球 助 球 助 球

技 工 鐵 爾 潔 劉 秀 滿

曾 文 傑 蔡 金 吉

柯 正 龍 陳 正 義

張 富 東 李 永 勝

蔡 瑞 成 何 炳 紹

委 託 單 位：台灣電力公司

研 究 單 位：港灣技術研究所

中 華 民 國 七十三年三月三十一日編 印

目 錄

壹、前言.....	1
貳、自然調查資料.....	2
一、風及波浪.....	2
二、河川輸砂量.....	2
三、海岸漂沙.....	3
四、潮汐及潮流.....	7
叁、預備試驗.....	11
一、預備試驗 I	11
二、預備試驗 II	11
三、預備試驗 III	12
肆、漂沙主試驗.....	15
一、試驗條件.....	15
二、未建煤灰塘之前，進水口淤沙對策佈置.....	15
1. 對策佈置 I	15
2. 對策佈置 II	16
三、建造煤灰塘之後，進水口淤沙對策佈置.....	17
1. 對策佈置 III	17
2. 對策佈置 IV	38
3. 對策佈置 V	63
4. 對策佈置 VI	83
伍、結論與建議.....	84

附 目 錄

圖 1.1	林口發電廠位置圖	8
圖 2.1	林口海岸之風向，風速圖	8
圖 2.2	林口海岸縱剖面位置及等深線變化圖	9
圖 2.3	林口發電廠進出水口附近砂粒中值粒徑分佈圖	9
圖 2.4	林口發電廠海岸 B , C , B + C 區土方變化圖	10
圖 3.1	預備試驗 I 波浪作用前之初期地形	10
圖 3.2	預備試驗 I 波浪作用 240 分鐘後之地形	10
圖 3.3	預備試驗 I , B + C 區土方變化圖	10
圖 3.4	預備試驗 I , I 區土方變化圖	10
圖 3.5	預備試驗 II , 波浪作用前之初期地形	14
圖 3.6	預備試驗 II , 波浪作用 7 小時後之地形	14
圖 3.7	預備試驗 II , B + C 區土方變化圖	14
圖 3.8	預備試驗 II , I 區土方變化圖	14
圖 3.9	預備試驗 III , 波浪作用前之初期地形	14
圖 3.10	預備試驗 III , 波浪作用 7 小時後之地形	14
圖 3.11	預備試驗 III , B + C 區土方變化圖	14
圖 3.12	預備試驗 III , I 區土方變化圖	14
圖 4.1	主試驗 I , 堤防佈置與流況分佈圖	18
圖 4.2	主試驗 II , 堤防佈置與流況分佈圖	19
圖 4.3	主試驗 I , 波浪作用前之初期地形	18
圖 4.4	主試驗 I , 波浪作用 8 小時後之地形	18
圖 4.5	主試驗 I , B ₁ + B ₂ + C 區土方變化圖	18
圖 4.6	主試驗 I , I 區土方變化圖	18

圖 4.7 主試驗 II , 波浪作用前之初期地形	19
圖 4.8 主試驗 II , 波浪作用 10 小時後之地形	19
圖 4.9 主試驗 II , B ₁ + B ₂ + C 區土方變化圖	19
圖 4.10 主試驗 II , I 區土方變化圖	19
圖 4.11 主試驗 III , 波浪作用前之初期地形	21
圖 4.12 主試驗 III , 波浪作用 1 小時後之地形	22
圖 4.13 主試驗 III , 波浪作用 2 小時後之地形	23
圖 4.14 主試驗 III , 波浪作用 3 小時後之地形	24
圖 4.15 主試驗 III , 波浪作用 4 小時後之地形	25
圖 4.16 主試驗 III , 波浪作用 5 小時後之地形	26
圖 4.17 主試驗 III , 波浪作用 6 小時後之地形	27
圖 4.18 主試驗 III , 波浪作用 7 小時後之地形	28
圖 4.19 主試驗 III , 波浪作用 8 小時後之地形	29
圖 4.20 主試驗 III , 波浪作用 9 小時後之地形	30
圖 4.21 主試驗 III , 波浪作用 10 小時後之地形	31
圖 4.22 主試驗 III , 各水深逐時變化代表點相關位置圖	32
圖 4.23 主試驗 III , 各代表點水深逐時變化圖	33
圖 4.24 主試驗 III , A 區土方變化圖	34
圖 4.25 主試驗 III , B 區土方變化圖	34
圖 4.26 主試驗 III , C 區土方變化圖	34
圖 4.27 主試驗 III , D 區土方變化圖	34
圖 4.28 主試驗 III , E 區土方變化圖	34
圖 4.29 主試驗 III , F 區土方變化圖	35
圖 4.30 主試驗 III , G 區土方變化圖	35

圖 4.31	主試驗 III , H 區土方變化圖.....	35
圖 4.32	主試驗 III , I 區土方變化圖.....	35
圖 4.33	主試驗 III , B + C + I 區土方變化圖.....	35
圖 4.34	主試驗 IV , 波浪作用前之地形.....	40
圖 4.35	主試驗 IV , 波浪作用 1 小時後之地形.....	41
圖 4.36	主試驗 IV , 波浪作用 2 小時後之地形.....	42
圖 4.37	主試驗 IV , 波浪作用 3 小時後之地形.....	43
圖 4.38	主試驗 IV , 波浪作用 4 小時後之地形.....	44
圖 4.39	主試驗 IV , 波浪作用 5 小時後之地形.....	45
圖 4.40	主試驗 IV , 波浪作用 6 小時後之地形.....	46
圖 4.41	主試驗 IV , 波浪作用 7 小時後之地形.....	47
圖 4.42	主試驗 IV , 波浪作用 8 小時後之地形.....	48
圖 4.43	主試驗 IV , 波浪作用 9 小時後之地形.....	49
圖 4.44	主試驗 IV , 波浪作用 10 小時後之地形.....	50
圖 4.45	主試驗 IV , 波浪作用 11 小時後之地形.....	51
圖 4.46	主試驗 IV , 波浪作用 12 小時後之地形.....	52
圖 4.47	主試驗 IV , 波浪作用 13 小時後之地形.....	53
圖 4.48	主試驗 IV , 波浪作用 14 小時後之地形.....	54
圖 4.49	主試驗 IV , 各水深逐時變化代表點相關位置圖	55
圖 4.50	主試驗 IV , 各代表點水深逐時變化圖	56
圖 4.51	主試驗 IV , A 區土方變化圖.....	57
圖 4.52	主試驗 IV , B ₁ 區土方變化圖.....	57
圖 4.53	主試驗 IV , B ₂ 區土方變化圖.....	57
圖 4.54	主試驗 IV , C 區土方變化圖.....	57

圖 4.55	主試驗IV , D區土方變化圖.....	57
圖 4.56	主試驗IV , E區土方變化圖.....	57
圖 4.57	主試驗IV , F區土方變化圖.....	58
圖 4.58	主試驗IV , G區土方變化圖.....	58
圖 4.59	主試驗IV , I區土方變化圖.....	58
圖 4.60	主試驗IV , A+ B區土方變化圖.....	58
圖 4.61	主試驗IV , B ₁ + C + I 區土方變化圖.....	58
圖 4.62	主試驗V , 堤防佈置與流況分佈圖.....	65
圖 4.63	主試驗V , 造波前之初期地形.....	66
圖 4.64	主試驗V , 造波 1 小時後之地形.....	67
圖 4.65	主試驗V , 造波 2 小時後之地形.....	68
圖 4.66	主試驗V , 造波 3 小時後之地形.....	69
圖 4.67	主試驗V , 造波 4 小時後之地形.....	70
圖 4.68	主試驗V , 造波 5 小時後之地形.....	71
圖 4.69	主試驗V , 造波 6 小時後之地形.....	72
圖 4.70	主試驗V , 造波 7 小時後之地形.....	73
圖 4.71	主試驗V , 造波 8 小時後之地形.....	74
圖 4.72	主試驗V , 造波 9 小時後之地形.....	75
圖 4.73	主試驗V , 造波10 小時後之地形.....	76
圖 4.74	主試驗V , 各水深逐時變化代表點相關位置圖.....	77
圖 4.75	主試驗V , 各代表點水深逐時變化圖.....	78
圖 4.76	主試驗V , A區土方變化圖.....	79
圖 4.77	主試驗V , B ₁ 區土方變化圖	79
圖 4.78	主試驗V , B ₂ 區土方變化圖	79

圖 4.79. 主試驗 V , C 區土方變化圖.....	79
圖 4.80 主試驗 V , D 區土方變化圖.....	79
圖 4.81 主試驗 V , E 區土方變化圖.....	79
圖 4.82 主試驗 V , F 區土方變化圖.....	80
圖 4.83 主試驗 V , G 區土方變化圖.....	80
圖 4.84 主試驗 V , I 區土方變化圖.....	80
圖 4.85 主試驗 V , A + B ₁ 區土方變化圖	80
圖 4.86 主試驗 V , B ₂ + C + I 區土方變化圖.....	80
圖 4.87 主試驗 VI , 堤防佈置與流況分佈圖.....	85
圖 4.88 主試驗 VI , 造波前之初期地形.....	86
圖 4.89 主試驗 VI , 造波 1 小時後之地形.....	87
圖 4.90 主試驗 VI , 造波 2 小時後之地形.....	88
圖 4.91 主試驗 VI , 造波 3 小時後之地形.....	89
圖 4.92 主試驗 VI , 造波 4 小時後之地形.....	90
圖 4.93 主試驗 VI , 造波 5 小時後之地形.....	91
圖 4.94 主試驗 VI , 造波 6 小時後之地形.....	92
圖 4.95 主試驗 VI , 造波 7 小時後之地形.....	93
圖 4.96 主試驗 VI , 造波 8 小時後之地形.....	94
圖 4.97 主試驗 VI , 造波 9 小時後之地形.....	95
圖 4.98 主試驗 VI , 造波 10 小時後之地形.....	96
圖 4.99 主試驗 VI , 造波 11 小時後之地形.....	97
圖 4.100 主試驗 VI , 造波 12 小時後之地形.....	98
圖 4.101 主試驗 VI , 造波 13 小時後之地形.....	99
圖 4.102 主試驗 VI , 造波 14 小時後之地形.....	100
圖 4.103 主試驗 VI , 各水深逐時變化代表點相關位置圖	101

圖 4.104	主試驗 VI，各代表點水深逐時變化圖.....	102
圖 4.105	主試驗 VI，A 區土方變化圖.....	103
圖 4.106	主試驗 VI，B ₁ 區土方變化圖.....	103
圖 4.107	主試驗 VI，B ₂ 區土方變化圖.....	103
圖 4.108	主試驗 VI，C 區土方變化圖.....	103
圖 4.109	主試驗 VI，D 區土方變化圖.....	103
圖 4.110	主試驗 VI，E 區土方變化圖.....	103
圖 4.111	主試驗 VI，F 區土方變化圖.....	104
圖 4.112	主試驗 VI，G 區土方變化圖.....	104
圖 4.113	主試驗 VI，I 區土方變化圖.....	104
圖 4.114	主試驗 VI，A+B ₁ 區土方變化圖.....	104
圖 4.115	主試驗 VI，B ₂ +C+I 區土方變化圖.....	104

照片目錄

照片 1	主試驗 III，煤灰塘之佈置與構造	36
照片 2	主試驗 III，煤灰塘之佈置與構造	36
照片 3	主試驗 III，造波 10 小時後之地形	37
照片 4	主試驗 III，造波 10 小時後之地形	37
照片 5	主試驗 IV，造波前之初期地形	59
照片 6	主試驗 IV，造波前之初期地形	59
照片 7	主試驗 IV，造波第 14 小時煤灰塘右側淤沙情形	60
照片 8	主試驗 IV，造波第 14 小時煤灰塘外側淤沙情形	60
照片 9	主試驗 IV，造波第 14 小時煤灰塘左側淤沙情形	61
照片 10	主試驗 IV，造波第 14 小時波浪繞射與淤沙情形	61
照片 11	主試驗 IV，造波第 14 小時，波浪繞射與進水口受遮蔽情形	61
照片 12	主試驗 IV，造波 14 小時後，進水口附近之地形	62
照片 13	主試驗 IV，造波 14 小時後，煤灰塘附近之地形	62
照片 14	主試驗 V，造波前之初期地形	81
照片 15	主試驗 V，造波前之初期地形	81
照片 16	主試驗 V，造波 10 小時後，進水口附近之地形	82
照片 17	主試驗 V，造波 10 小時後，出水口附近之地形	82
照片 18	主試驗 VI，造波前之初期地形	105
照片 19	主試驗 VI，造波前之初期地形	105
照片 20	主試驗 VI，波浪作用下，煤灰塘附近淤沙情形	106
照片 21	主試驗 VI，波浪作用下，進水口附近淤沙情形	106
照片 22	主試驗 VI，波浪作用下，進水口附近淤沙情形	107
照片 23	主試驗 VI，波浪作用下，進水口附近波浪繞射情形	107
照片 24	主試驗 VI，造波 14 小時後之地形	108
照片 25	主試驗 VI，造波 14 小時後之地形	108

附 表 目 錄

表一、林口發電廠附近海岸縱剖面坡度表.....	3
表二、林口發電廠附近海岸B,C,B+C區土方變化表.....	6
表三、林口發電廠進水口年抽沙量統計表.....	7

壹、前言

林口發電廠闢建煤灰塘之目的在使燃燒過的煤灰能有所拋置，以避免對生態環境之污染，再者煤灰塘新生地之產生，在未來必能提供有效的利用。

煤灰塘設置之地點，預訂在林口溪東側約 300 公尺處，以海堤形式建造之一三面環海之矩形 ($590\text{ m} \times 380\text{ m}$) 煤灰拋置區。（如圖 1.1 所示）。

由於沿岸漂沙活動具有連續性，在林口溪上游闢建煤灰塘，此構造物向海中伸展至 -5 m 左右之水深中，勢將阻斷部份上游之沙源，對下游之林口電廠進水口必定產生影響，但影響之形態以及影響之程度如何？故需進行漂沙試驗，對煤灰塘本身之佈置及進出水口漂沙對策提供最佳之改善方案。

煤灰塘漂沙模型試驗，利用本所專刊第十二號（林口發電廠進水口淤沙防治對策之水工模型試驗改善研究）之現場資料及三種情況之預備試驗，兩個佈置方案之主要試驗結果，對此次試驗提供數種較佳佈置，再由試驗結果中尋求最佳之佈置。

本漂沙模型試驗工作，於大型試驗池 ($60\text{ m} \times 45\text{ m} \times 1\text{ m}$) 中進行，始於民國七十二年十二月一日，完成於七十三年二月底。

貳、自然調查資料

漂沙模型試驗首先須藉由預備試驗（驗證試驗）使現場海岸地形變化現象能在模型中重現，以獲致試驗條件，進行主試驗，俾瞭解海岸於增建各種不同佈置之堤防後，對沿岸漂沙之影響，進而研擬最佳之防浪、防沙之外廓堤防佈置。

為使各項自然現象能在模型中重現，於試驗之前必須對附近海岸自然資料進行細部調查。本試驗曾對林口發電廠近岸，作下列之觀測調查（詳細資料請參閱「林口發電廠進出水口淤沙防治對策之水工模型試驗改善研究」報告）：

一、風及波浪：

林口之季節風大致由每年 9 月至翌年 5 月，根據 66 年 8 月至 68 年 7 月之實測資料分析後繪成 Wind rose (圖 2.1) 由 Wind rose 知此區之支配風向為 NE - ENE，而近岸之波向為 NNE，強烈季風最大波高 4 m，週期 9 秒，颱風時波浪最大示性波高 $H_{1/3} = 4.75\text{m}$ ，週期 $T_{1/3} = 12\text{秒}$ 。

二、河川輸沙量：

林口火力發電廠海岸附近有三條主要河川入海，即在上游 0.5 公里處有林口溪，13 公里處有淡水河，下游 5 公里處有南崁溪。林口海岸距此三條河流甚近。故地形變遷當受此三條河流攜運沉浮出河口產生之影響，為謀求對策則須考慮此三條河流對海岸平衡之影響。比較此三條河流之輸沙量可知，淡水河為最主要之河川沙源。

淡水河： $6.095 \times 10^6 \text{ MT/YEAR}$

林口溪：甚微

南崁溪： 0.587×10^6 MT/YEAR

三、海岸漂沙：

根據林口附近海岸資料計有民國 60 年、64 年 10 月、66 年 5 月底、66 年 10 月、67 年 6 月、72 年 6 月等水深測量及海底採沙結果分析研判如下：

1. 海岸地形分析，根據水深測量資料，以林口電廠進水口為基準斷面，並以水深 15^m 為界，求得幾個縱剖面之坡度，其位置及值如圖 2.2 及表一。

表一 林口電廠附近海岸縱剖面坡度表

剖面	水深 0 ^m ~ -15 ^m	水深 -15 ^m ~ -20 ^m
E - 800	1 / 67	1 / 300
E - 600	1 / 67	1 / 325
E - 400	1 / 60	1 / 325
E - 200	1 / 56	1 / 325
0	1 / 45	1 / 300
W - 200	1 / 70	1 / 330
W - 400	1 / 77	1 / 300
W - 600	1 / 90	1 / 250
平均	1 / 66	1 / 300

由上表可知，其坡度尚屬平緩，尤其是水深 $-15^{\text{m}}\sim-20^{\text{m}}$ 之間，其坡度更平均 $1/300$ 左右，而在 $0^{\text{m}}\sim-15^{\text{m}}$ 地帶，因受波浪淺化與碎波之影響，其坡度稍陡，平均 $1/60$ ，值得注意的是0剖面（即進水口之剖面）之坡度較其他剖面陡，顯見該處受波浪影響甚大，漂沙活動劇烈。

2. 海底質粒徑：

根據現場勘測及採沙，本區沿岸多大卵石，在海底質方面，則每隔450公尺為一斷面，於海中約每隔一公尺水深，以採沙器採沙，其採沙量約500公克，將採得之土沙經篩分析後，求其粒徑分佈，再取中值粒徑 d_{50} （median diameter），雖然採沙之結果稍不規則，但由等粒徑分佈圖（如圖2.3）可知，在碎波帶及內灘區（包括進出水口附近）海底質之粒徑較粗，約為 $0.3\sim0.4^{\text{mm}}$ ，而 $-5^{\text{m}}\sim-10^{\text{m}}$ 水深處，其 d_{50} 約 0.2^{mm} 。而在粒徑分佈圖上亦可看出進出水口上游之海底質粒徑較下游稍大，顯見此海域之漂沙方向是由北往南。

3. 漂沙優勢方向：

根據現場氣象及海象資料顯示，本地區東北季風佔顯著分量，其造成之北北東向之波浪，近岸碎波後，形成由北向南之漂沙，此外根據淡水河口之走向，亦知漂沙由北向南，故總結本區之漂沙優勢方向為由北往南。

4. 漂沙來源：

一般漂沙來源可分為河川排砂，海岸本身受侵蝕以及鄰近海岸侵蝕等三項。

就河川排砂問題而言，影響最大的當為淡水河之排砂，至於林口溪經常乾涸，除暴雨外，排砂甚少，而本區之盛行風向為東北風，故

下游地區之南崁溪影響不大。

其次就海岸本身之侵蝕而言，比較歷年海岸線之變化可知前後灘區，正逐年因強風吹襲成飛砂，海灘沙量減少，有往海岸上堆移現象，故鄰近海灘略顯冲刷，此乃由於淡水河輸沙在林口海岸之上游，帶至 -5^m 以深之內、外灘區，使得林口與淡水河之間的海岸輸沙量減少，又受盛行東北季風影響強風吹襲將海灘土沙帶往下游面或岸上。另又因北部海岸較為暴露，因此冬季季風浪在內灘區產生強烈沿岸流攜帶漂沙至進水口或較深之外灘區，使得現場在 -5^m 至 -10^m 水深處，較易形成堆積。而由林口電廠海岸等深線歷年變化（如圖2.2）可知此一事實，而其中於進水口，附近之等深線變化複雜，堆積侵蝕甚不穩定，顯見受波浪作用劇烈影響，與前述之海岸剖面分析中，進水口剖面較陡不謀而合。

5. 土方變化量：

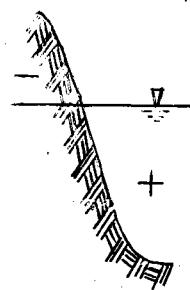
利用發電廠之進出水口之堤防攔沙情形進行土方變化量之分析，以瞭解該海岸之漂沙變化情況。

根據前述之林口海岸水深測量資料，以進水口為基準，將附近水域分為B及C兩區（如圖2.2），以網格法（Mesh Method）計算兩區土方之變化量。

其求得之數值如表二。

表二 林口發電廠海岸附近區土方變化表

數量 日期	區別	B (M ³)	C (M ³)	B+C (M ³)	備註
64年10月		+4,241,981	+3,808,239	+8,050,220	正負號意義
66年5月		+3,700,154	+3,439,137	+7,139,291	
66年10月		+3,699,599	+3,301,452	+7,001,051	
67年6月		+3,873,096	+3,398,998	+7,272,094	
72年6月		+3,300,575	+3,443,207	+6,743,782	



其變化情形如圖 2.4，由圖可知，進水口上游（即圖 2.2 之 B 區）逐年堆積，而下游（即 C 區）則穩定且略有侵蝕，就 B 及 C 全區而言，則逐年堆積，其淤積值甚至每年可達 37.5 萬立方。

6. 進水口抽沙量：

根據林口發電廠進水口 63 年 7 月至 71 年 10 月之抽沙記錄，可知進水口每年之淤沙量可達 10 萬立方公尺。

表三 林口發電廠進水口年抽沙量統計表

抽沙時間	抽沙量
63年7月～63年12月	78,000 M ³
64年9月～65年2月	80,000 M ³
65年9月～66年2月	84,000 M ³
66年5月～66年11月	110,000 M ³
67年4月～67年10月	127,000 M ³
68年4月～68年10月	43,000 M ³
68年10月～69年10月	97,000 M ³
69年10月～70年10月	126,000 M ³
70年10月～71年10月	60,000 M ³
63年7月～71年10月	805,000 M ³

進水口年平均淤沙量 $805,000 \div 8 = 10$ 萬立方公尺

四、潮汐及潮流

本區潮汐屬半日週期，週期12小時25分，大潮平均高潮位為3.1 m，大潮平均低潮位為-0.3 m，平均潮位1.4 m，而當地潮流經實測分析後，可大到0.75 m/sec，為沿岸走向。

有關模型試驗設備，相似律及縮尺等資料，請參閱「林口發電廠進出水口淤沙防治對策之水工模型試驗改善研究」報告。

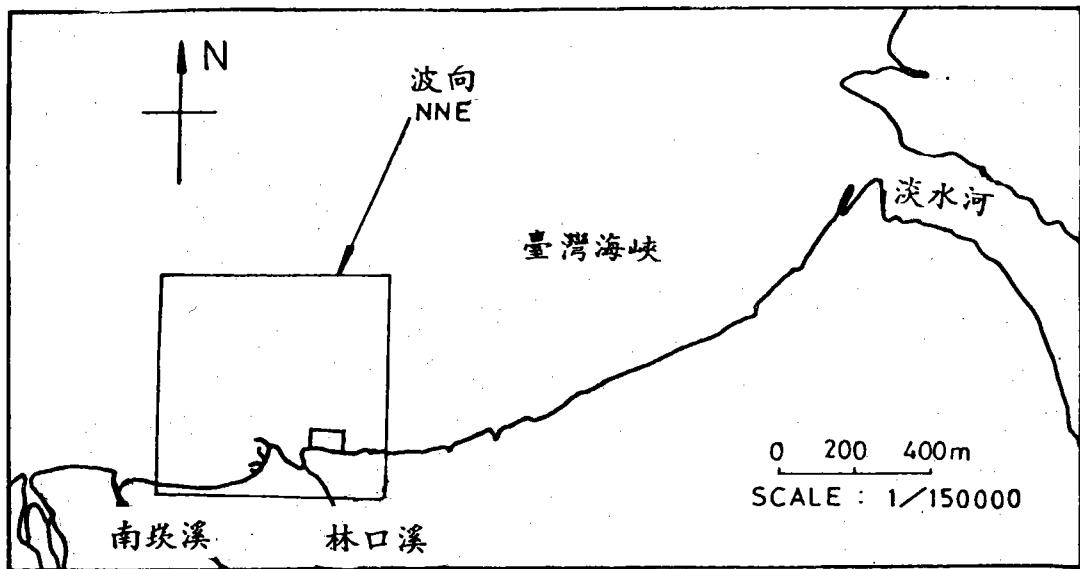


圖 1.1 林口發電廠位置圖

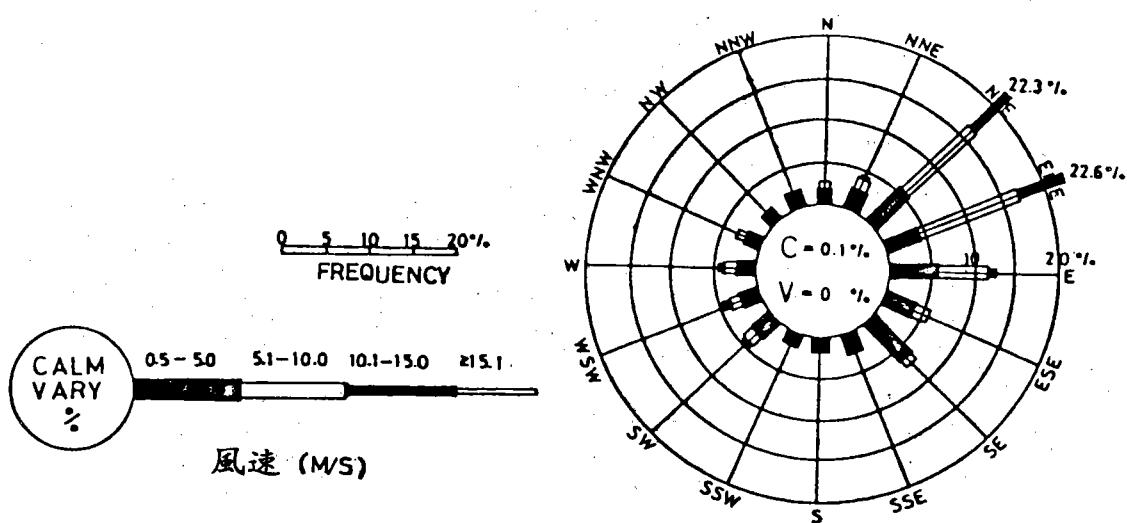


圖 2.1 林口海岸之風向，風速圖

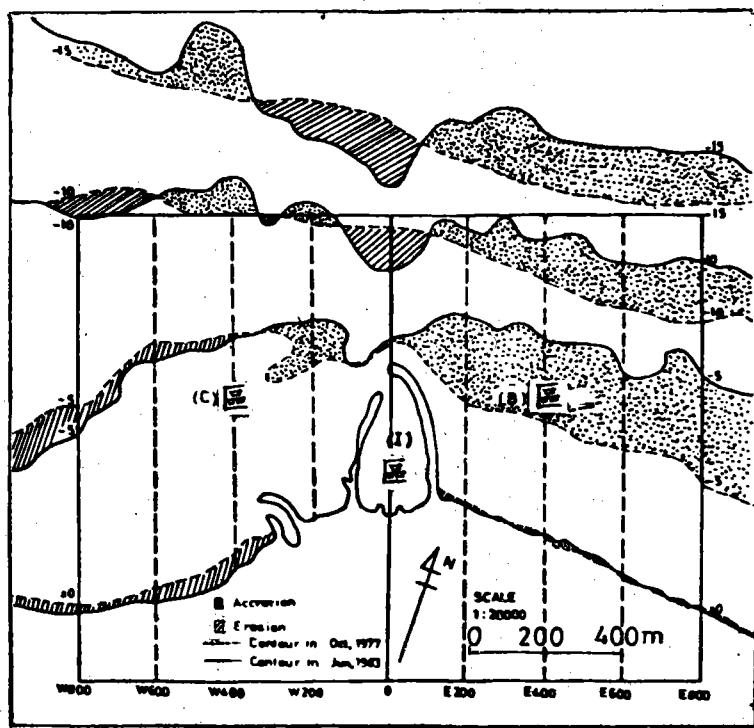


圖 2.2 林口海岸縱剖面位置,等深線變化圖

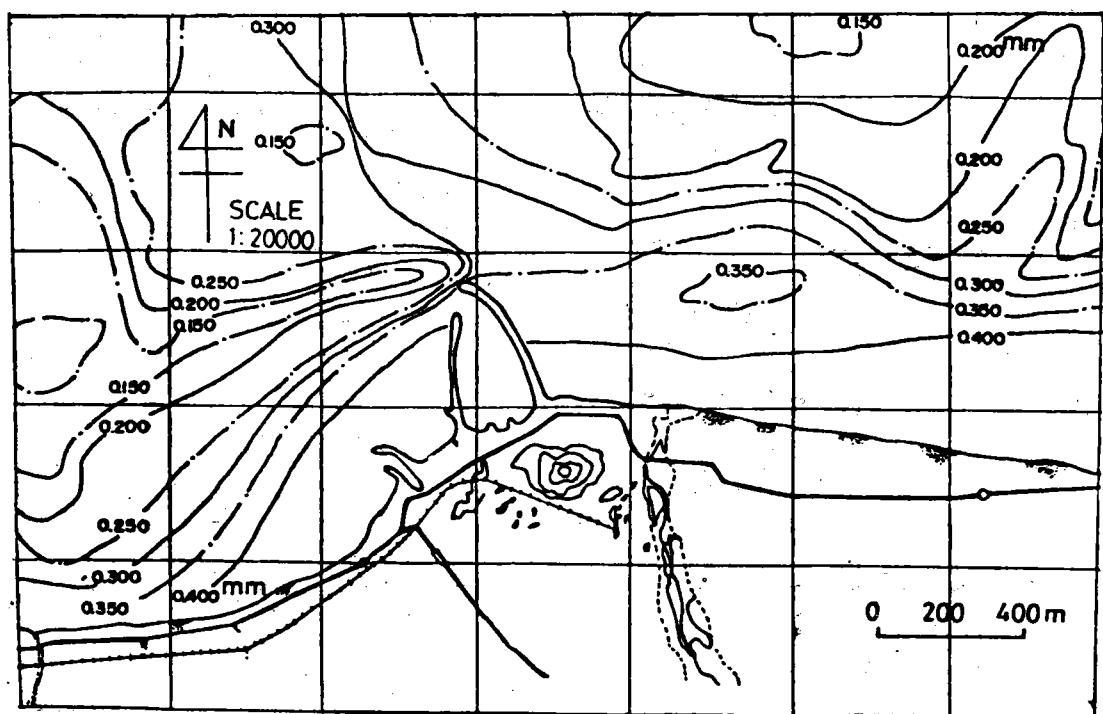


圖 2.3 林口發電廠進出水口附近砂粒中值粒徑分佈圖

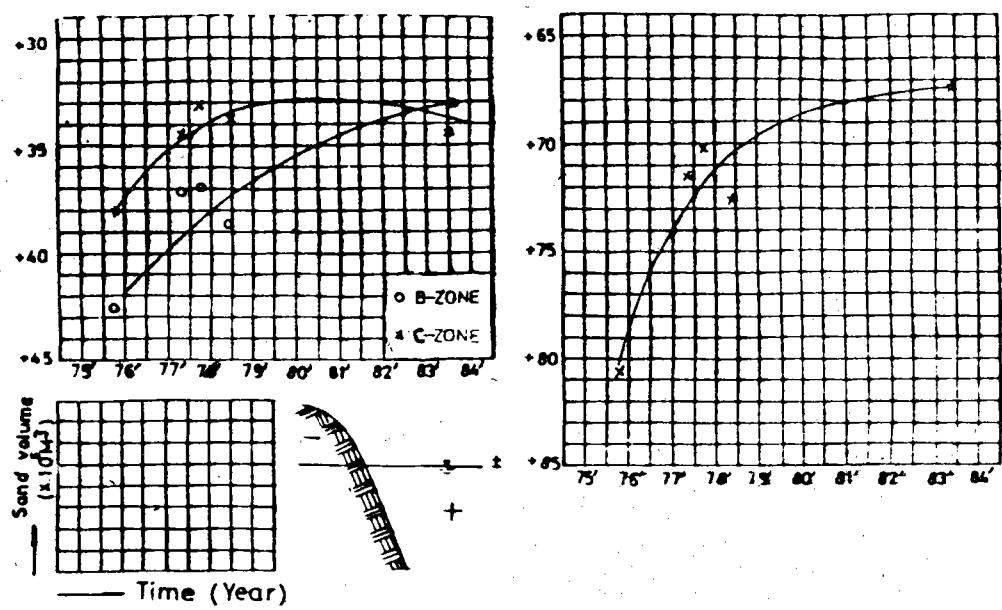


圖 2.4 林口發電廠海岸 B, C, B + C 區土方變化圖

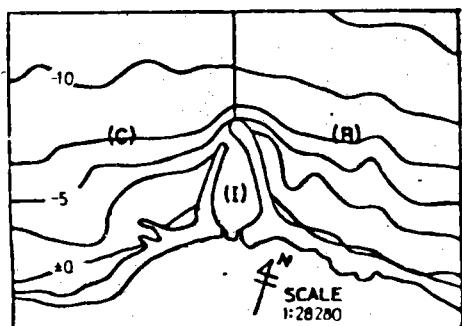


圖 3.1 預備試驗 I , 波浪作用前之初期地形

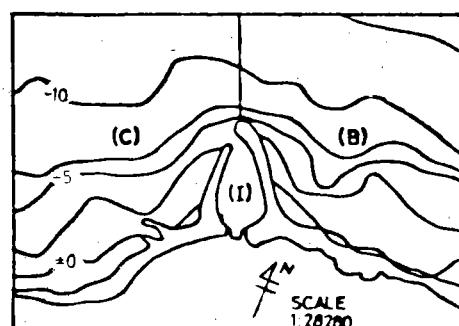


圖 3.2 預備試驗 I , 波浪作用 240 分鐘之地形

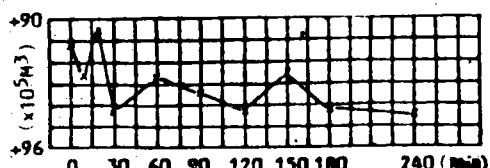


圖 3.3 預備試驗 I ,
B + C 區土方變化圖

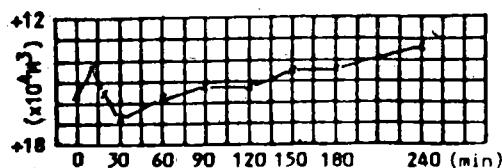


圖 3.4 預備試驗 I ,
I 區土方變化圖

參、預備試驗

根據前述林口海岸之現地測量獲取之自然資料，用以決定試驗之方針，進而利用分析後之資料，以定出最能代表現場情況之試驗條件，以進行預備試驗，再由其中尋求最能重現歷年林口地形變化情況之波浪條件，以辦理主試驗之各項對策佈置。

一、預備試驗 I 一本試驗採用民國 64 年 10 月所測之海底水深地形圖為初期地形，試驗波向為 N 18° E，波高 4 m，週期 12 sec，潮汐採用平均水位 + 1.4 m，全部波浪作用時間為 240 分鐘，於試驗中不加砂，以觀測試驗範圍中侵蝕堆積之地點及數量，便於決定爾後進行另外預備試驗或主試驗加沙之依據。

根據預備試驗 I 之試驗過程及結果顯示，當造波 10 分鐘後，地形即有變化，進水口上游略有堆積，而在進水口附近等深線變化甚為複雜，顯見該區在代表性波浪作用下仍為變化之地形，而在進出口至下游，幾乎全為侵蝕。當造波累積達 4 小時後，結束預備試驗 I，此時進水口上游等深線 - 3 m 以淺形成堆積，- 5 m 互有消長，- 7 m、- 10 m 均為侵蝕，- 15 m 不移動，蓋其已為臨界水深，沙粒幾乎不起動，而沿岸流帶動之漂沙流入進水口形成堆積，下游等深線向岸退縮。

就試驗而言，由於上游未有沙源，故較深處沙為波推往岸，而往下游之少部份，又積在進水口入口處，故下游地區亦形成侵蝕。

其造波前與造波 240 分後之地形如圖 3.1、3.2 所示，而試驗中 B + C 區與 I 區之土方變化如圖 3.3、3.4 所示。

二、預備試驗 II 一本試驗採用 64 年 10 月所測得之林口海岸附近水深，圖為初期地形，波浪條件為波向 N 18° E，波高 4 m，週期 12 sec，

但潮汐則以潮汐自動控制儀操作模擬高水位 + 3.1 m，低水位 - 0.3 m，並以週期 12 小時 25 分為變化之正弦潮位曲線，加沙率最初為每分鐘 4 公升，根據變化後，改用每分鐘 3 公升加沙。

根據預備試驗 II 試驗結果顯示，當造波 1 小時之後，由於加沙尚未輸送至進出水口上游附近，故全區漂沙有向岸運行趨勢，僅進水口入口附近已略呈堆積狀態。造波時間為 7 小時情況，則上游 - 5^m 以淺地區形成堆積，- 5^m 以深地形略有侵蝕，此表示沙源尚未運送至較深水深處，因加沙為波冲至碎波帶，由沿岸流往下游帶走，而漂沙大多沿進水口之堤防堆積於進水口或隨潮流進入其中，由於潮汐連續變化漲落，在入口處逐漸形成小沙丘淤塞進水口，而結束本試驗。

其造波前與造波 7 小時後之地形如圖 3.5、3.6 所示。而試驗中 B + C 區與 I 區之土方變化如圖 3.7、3.8 所示。

三、預備試驗 III 一本試驗亦採用 64 年 10 月所測得之海底地形做為初期地形、潮汐、加沙條件與預備試驗 II 相同，但波向改為 NNE，波高 4^m，週期 12 sec。

預備試驗 III 與預備試驗 II 之主要差異為波向由 N 18° E 改為 NNE，較符合現場波浪特性，因此種波向之波浪其沿岸波能量較高，產生之沿岸流亦較強，因此漂沙活動更趨劇烈。

根據預備試驗 III 之試驗結果顯示，造波 13 分後，進水口之外堤內側已有淤沙，造波 1 小時後，進水口之上游之 - 10^m 以淺之等深線均略向岸推移，僅進水口處略顯堆積，與前次呈相同之堆積。進水口右堤外側近岸處有淤沙。當造波時間達七小時後，進出水口上下游之 - 15^m 以淺等深線，均向外海推移，而 - 3^m 則略有淤積，在進出水口間之海岸地形，其等深線向岸側有少許侵蝕，但於進水口入口處漂沙顯著堆積，進水口已瀕淤塞，乃結束本試驗。

由圖 3.11、3.12 乃知 B、C 區之土方變化趨勢與現場較為相似。

其造波前與造波 7 小時後之地形如圖 3.9、3.10 所示。而試驗中，B + C 區與 I 區之土方變化如圖 3.11、3.12 所示。

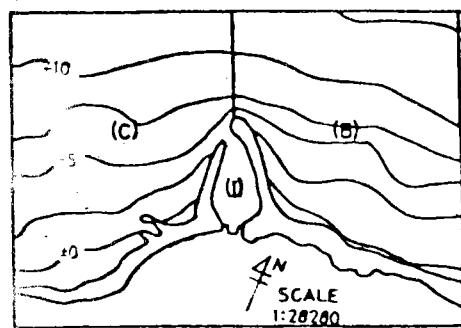


圖 3.5 預備試驗Ⅱ，波浪作用前之初期地形

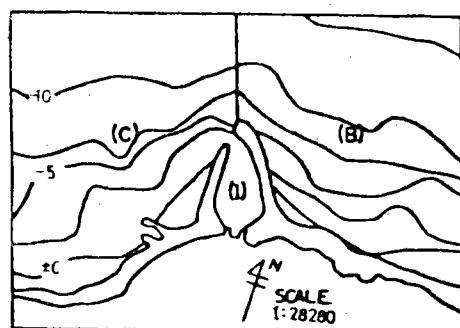


圖 3.6 預備試驗Ⅱ，波浪作用 7 小時後之地形

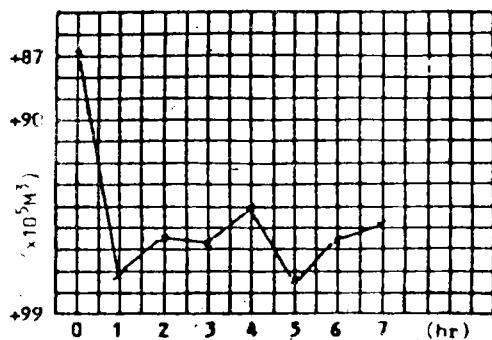


圖 3.7 預備試驗Ⅱ，
B+C 區土方變化圖

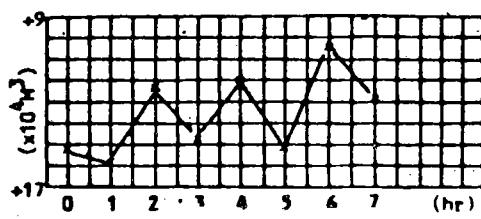


圖 3.8 預備試驗Ⅱ，
I 區土方變化圖

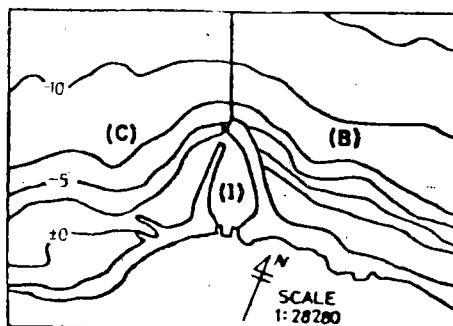


圖 3.9 預備試驗Ⅲ，波浪作用前之初期地形

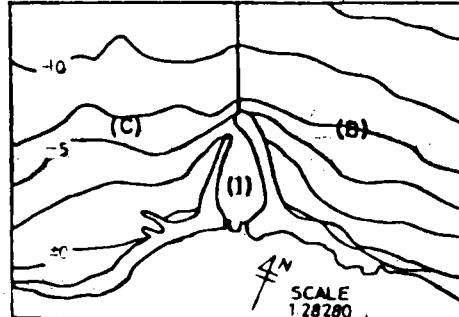


圖 3.10 預備試驗Ⅲ，波浪作用 7 小時後之地形

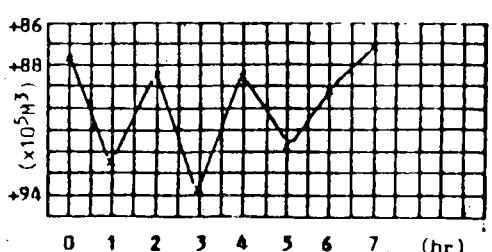


圖 3.11 預備試驗Ⅲ，B+C
區土方變化圖

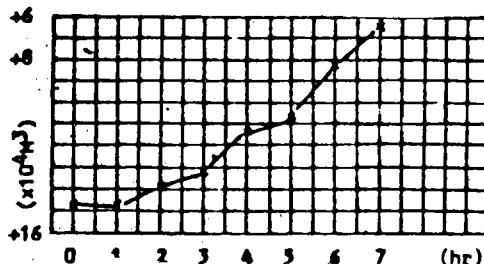


圖 3.12 預備試驗Ⅲ，
I 區土方變化圖

肆、漂沙主試驗

綜合以上預備試驗 I 、 II 、 III 之試驗結果顯示，其中以預備試驗 III 之試驗情況最能模擬林口電廠沿岸海灘之特性，試驗過程之模型，地形變化亦與林口電廠廠址海岸附近地形變化最為相似。故主試驗乃使用預備試驗 III 之試驗條件，即選定模型上之潮汐變化，波浪特性，漂沙來源，輸沙率等條件，針對林口電廠海岸在闢建煤灰塘之前後，兩種情況下進出水口附近海岸漂沙活動的情形，並擬定六種防治淤沙的對策佈置方案，以進行漂沙主試驗，其試驗經過與結果，列述如後：

一、試驗條件：

1. 波浪：波高 4^m，週期 12 sec，波向 NNE。
2. 潮汐：大潮高潮位 + 3.1^m，大潮低潮位 - 0.3^m，平均水位 + 1.4^m。
3. 漂沙：漂沙率 2 l / min。

二、未建煤灰塘之前，進水口淤沙對策佈置：

1. 對策佈置 I : 利用 72 年 6 月所測之水深地形，於林口溪西岸佈置一長約 750^m 之防沙堤水深達 - 6^m，可兼具防沙，防浪之功能，如圖 4.1 所示。

本試驗以林口海岸最新水深測量圖為初期地形，加上防波堤之佈置，以觀察其未來可能發生之地形變化，當造波 1 小時後，即可知海岸結構物與海岸相鄰接處有積沙情況，但其他地區則出現侵蝕現象。

當造波達 8 小時後，擋砂堤與上游海岸接岸處已形成弧形之堆積，由於浪與流聯合作用，其堆積之坡度亦陡，至於下游 - 10^m 以淺之等深線向岸邊推進，顯見沙源不足形成侵蝕，根據模型地形測量，- 15^m 之等深線並無消長，與實地勘察資料相符。

主試驗 I 之擋砂堤佈置對沿岸之漂沙能夠達到阻斷底移質 (bed load) 之目的，但對於懸移物 (suspended load) 或淡水河洪水泛濫時，大量輸沙運行至本海岸，經由高波能量及沿岸流之攜運，則漂沙有越過此堤之虞。

在試驗過程中，曾使用浮子及高錳酸鉀，於全區中分別施放，觀測其沿岸流況，知其流況分佈如圖 4.1，為沿岸走向。而上游沙源經由此沿岸能量被帶往下游，而積沙於擋沙堤與入水口附近海岸。

試驗中之水深於 -12^m 時，沙粒移動甚少，至 -15^m 幾乎停帶不動，此與等深線於 -15^m 幾乎不變之現象一致且與試驗中沙漣 (sand ripple) 出現以 -15^m 為界之現象相合。

其造波前與造波 8 小時後之地形如圖 4.3、4.4 所示。而試驗中 $B_1 + B_2 + C$ 區與 I 區之土方變化如圖 4.5、4.6 所示。

2. 對策佈置 II 利用 72 年 6 月所測之水深地形，於其上佈置長短均為 400^m 之突堤與離岸堤各一，其原理是以突堤阻斷沙源，並輔以離岸堤，俾補沙於堤後，形成一儲沙區，使整體佈置達到完全阻斷上游漂沙，並同時獲取防浪之效果，如圖 4.2 所示。

因本試驗之堤防佈置方案可使進水口達到波浪遮蔽效果，進水口外堤承受波浪作用減少，少部份有波浪侵入，形成繞射，能量逐漸消散，浪與流帶動之沙於此缺口內沉積，故於試驗造波 40 分鐘後，缺口處 (即 B_2 區) 已形成些微之積沙。同時在防波堤之右側亦漸有積沙現象。

當造波時間達 5 小時後，進水口與 B_2 區已近飽和，此可由圖 4.9 觀出，其他各區在開始造波至 5 小時堆積較緩慢，而第 5 小時以後，堆積率增高，至第 8 小時後，漸成穩定狀態。

當造波時間達 10 小時後，與初期地形比較，可知右防沙堤與上

游接岸地帶形成一甚大之積沙區。 0^{m} 等深線前進至離堤頭 $1/3$ 處，顯示攔砂效果不錯，而其餘漂沙則一部分沿堤頭進入離岸堤與右防沙堤間缺口內（即 B_2 區），因波能量之消減而沉積於此，另一部分則沿離岸堤靠海測輸送，而堆積於進水口及進出水口之間。

此時模型堆積幾呈穩定狀態，而結束本試驗。

於試驗過程中，亦觀測其沿岸流況，而知其流況分佈如圖 4.2，呈沿岸走向，與漂沙堆積形態頗一致。此外，在試驗過程中，與主試驗 I 一樣，其 -15^{m} 等深線幾乎不變動。

其造波前與造波 10 小時後之地形如圖 4.7、4.8，而試驗中， $B_1 + B_2 + C$ 區與 I 區之土方變化如圖 4.9、4.10。

三、建造煤灰塘之後，進水口淤沙對策佈置：

1. 對策佈置 III：利用最新之水深地形（72年6月所測）於林口溪東側佈置一座三面環海之矩形煤灰塘（ $590^{\text{m}} \times 380^{\text{m}}$ ）如照片 1，未於進水口附近佈置防波堤，觀察在煤灰塘完成之後，林口海岸之漂沙活動形態，以及進水口內淤沙之情形，其佈置如圖 4.11 所示。

由試驗過程與結果可知，在造波期間，由於煤灰塘之建造，上游沙源起先被攔阻而逐漸成圓弧狀之堆積，煤灰塘靠海側之堤岸在波浪沖淤下，亦形成一坡度較陡之積沙帶，當波浪作用一小時之後，進水口之入口處已有不少淤沙，但由於主要沙源尚未抵達，並分析進水口附近之 -3^{m} 、 -5^{m} 、 -7^{m} 、 -10^{m} 等深線可知，這些等深線均有向岸推進之明顯趨勢，顯示進水口之淤沙是由進水口附近海域沖入，但出水口之情況良好，主要是因進水口堤防發揮遮蔽效果，加上出水口本身之堤防阻擋上游面之漂沙之故。

當波浪繼續作用時，進水口淤沙甚為快速，在第 2 小時結束時，進水口已快淤塞，此顯見在無防沙堤保護下，進水口淤沙情形甚為嚴

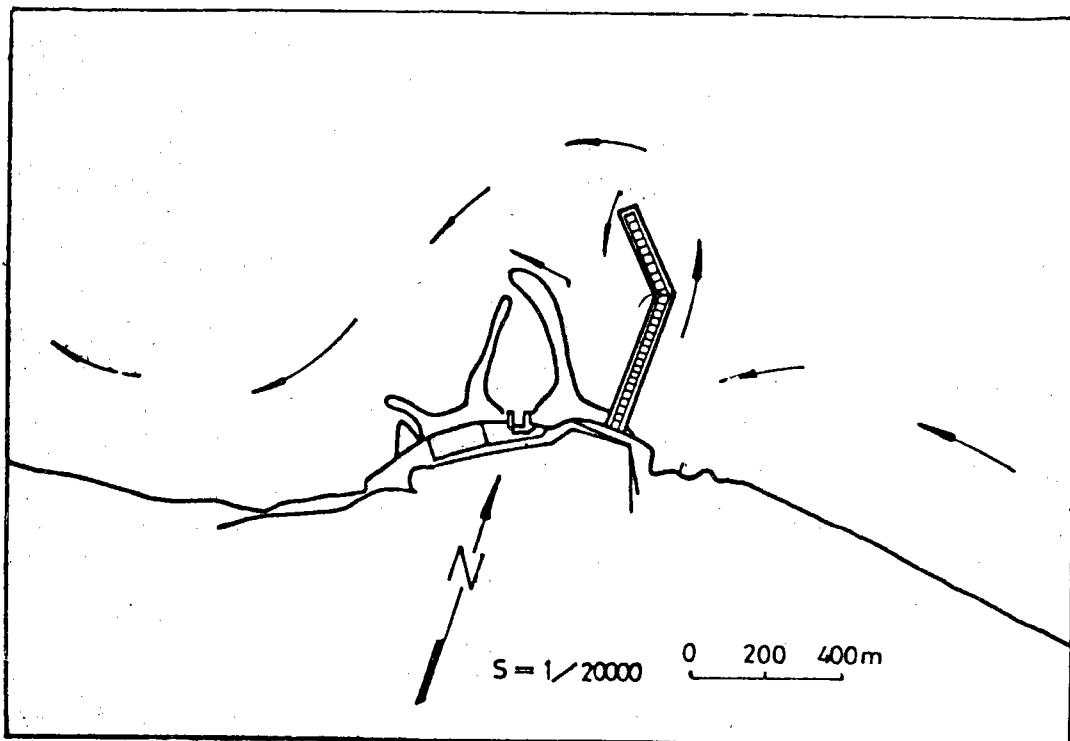


圖 4.1 主試驗 I，堤防佈置與流況分佈圖

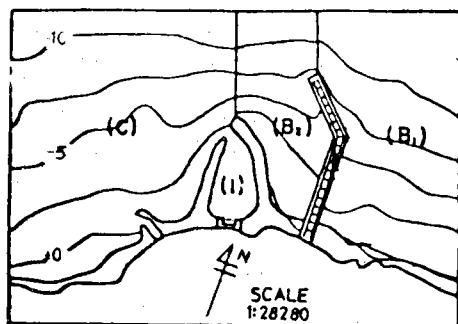


圖 4.3 主試驗 I，波浪作用前之初期地形

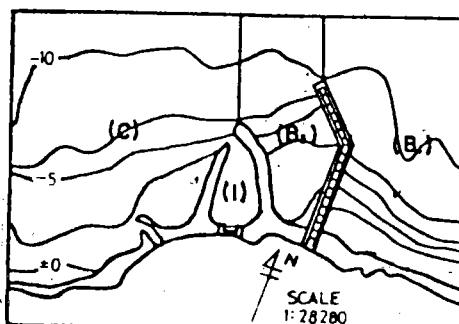


圖 4.4 主試驗 I，波浪作用 8 小時後之地形

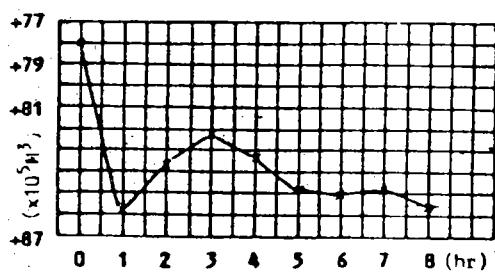


圖 4.5 主試驗 I，
B₁ + B₂ + C 區土方變化圖

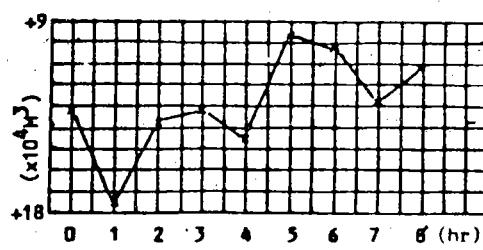


圖 4.6 主試驗 I，
I 區土方變化圖

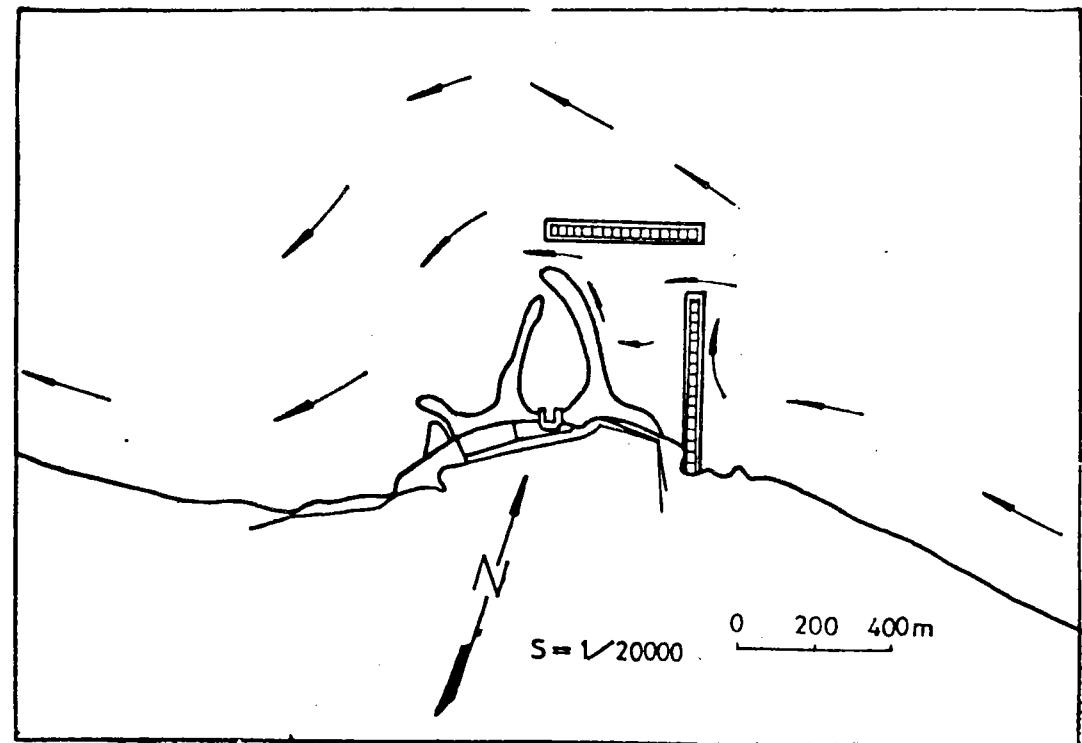


圖 4.2 主試驗 II，堤防佈置與流況分佈圖

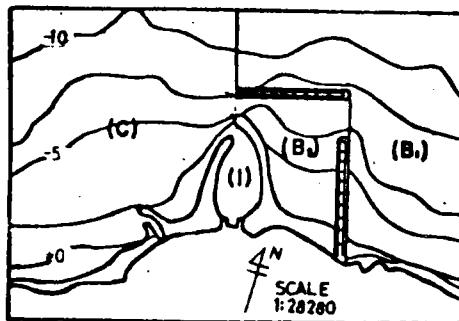


圖 4.7 主試驗 II，波浪作用前之初期地形

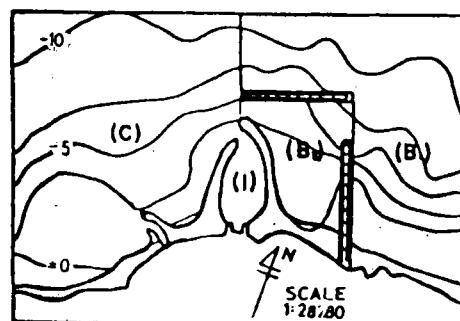


圖 4.8 主試驗 II，波浪作用
10 小時後之地形

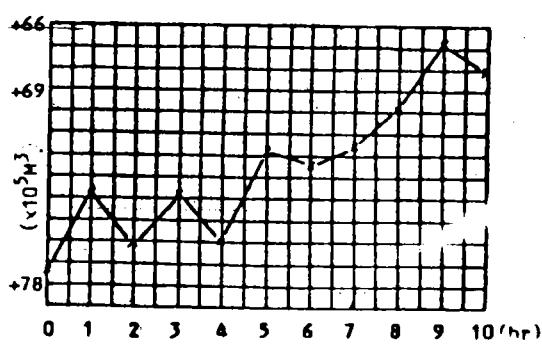


圖 4.9 主試驗 II，
 $B_1 + B_2 + C$ 區土方變化圖

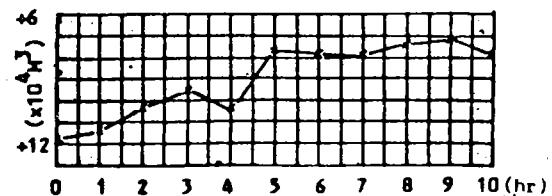


圖 4.10 主試驗 II，
I 區土方變化圖

重，致而進水口每年需要抽沙達 10 萬立方公尺，方能維持進水口之暢通。

當波浪作用 5 小時後，煤灰塘之右側已積沙甚多，並有不少沙沿灰塘海堤向下游輸送。當沙源到達灰塘左側時，漂沙遇開啟海岸，而紛紛沖淤於此，此時進水口淤沙幾乎呈穩定狀態，但進水口在左方外側亦形成淤沙區。

當造波 10 小時後，煤灰塘之右側已為上游沙源所堆滿，且積沙繞過堤頭，沿堤身運往下游，在進水口與灰塘之間已形成一淤沙區，進水口之入口在高低潮位作用下，已堆滿呈穩定狀態。

由波浪作用前與作用 10 小時後之地形圖來比較，可知，在煤灰塘設置後，雖可攔阻上游沙源於一時，但時間一久，上游沙源仍會帶往下游，尤其懸移質幾乎隨時都可向下游漂移，而灰塘之建造，對進水口之淤沙防治，效果甚微，因進水口內之淤沙幾乎為附近海域供應，而附近海域之沙又為上游來沙所補注，故在進水口附近重新佈置防沙堤實有必要，其積沙情形，可由照片 2、3 看出。此外，亦可由各代表點水深逐時變化圖（圖 4.22, 4.23），知各代表點處之堆積與侵蝕情形。

過程中 A、B、C、I 區土方變化如圖 4.14 ~ 4.17 主試驗Ⅲ，煤灰塘之佈置與構造，如照片 1 所示，主試驗Ⅲ，波浪作用 10 小時後之地形，如照片 2、3 所示。

試驗過程中，每小時地形如圖 4.11~4.21 所示。

主試驗Ⅲ，各水深逐時變化代表點之相關位置如圖 4.22 所示。

主試驗Ⅲ，各代表點水深逐時變化如圖 4.23 所示。

試驗過程中，各區土方變化如圖 4.24~4.33 所示。

主試驗Ⅲ，煤灰塘之佈置與構造，如照片 1，2 所示。

主試驗Ⅲ，造波 10 小時後之地形，如照片 3，4 所示。

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號：主試驗 III
 造波時間：0 hr
 初期地形高程：72.610 m.
 波週期：12 sec.
 方向：NNE
 高低潮位變化：2 ft/min.
 沙基準點：測量基準點
 比例尺：1/20,000

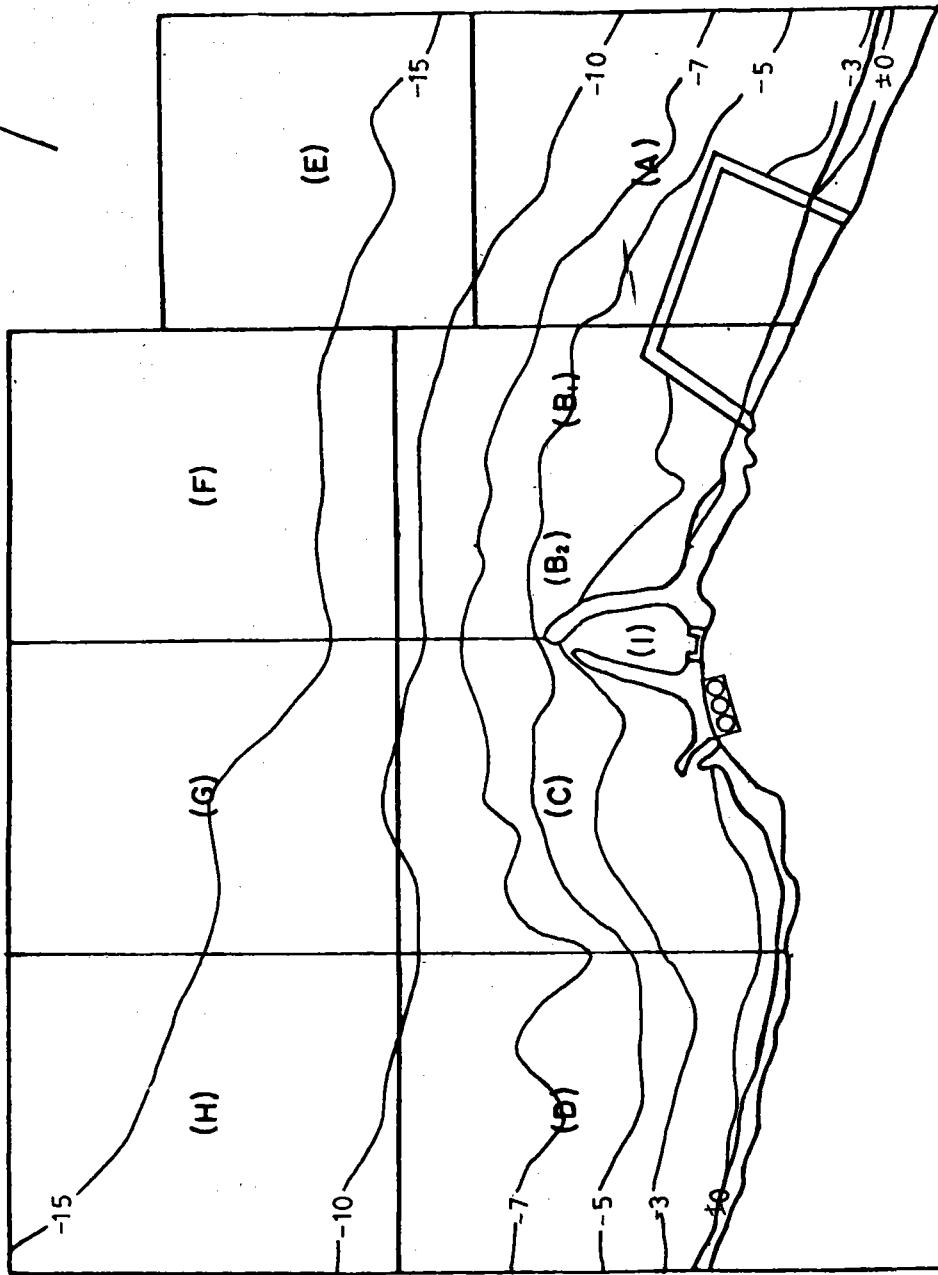


圖 4.11 預備主試驗 III，波浪作用前之初期地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 III
 造波時間 : 1 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波浪週期 : 4 m.
 方向 : 12 sec.
 地形高程 : NNE
 潮位變化 : 高低潮位變化
 加速度 : 2 $\text{f}/\text{min}.$
 測量基準點 : 基準點
 沙量測量 : 1/20,000
 倒量測量 : 1/20,000

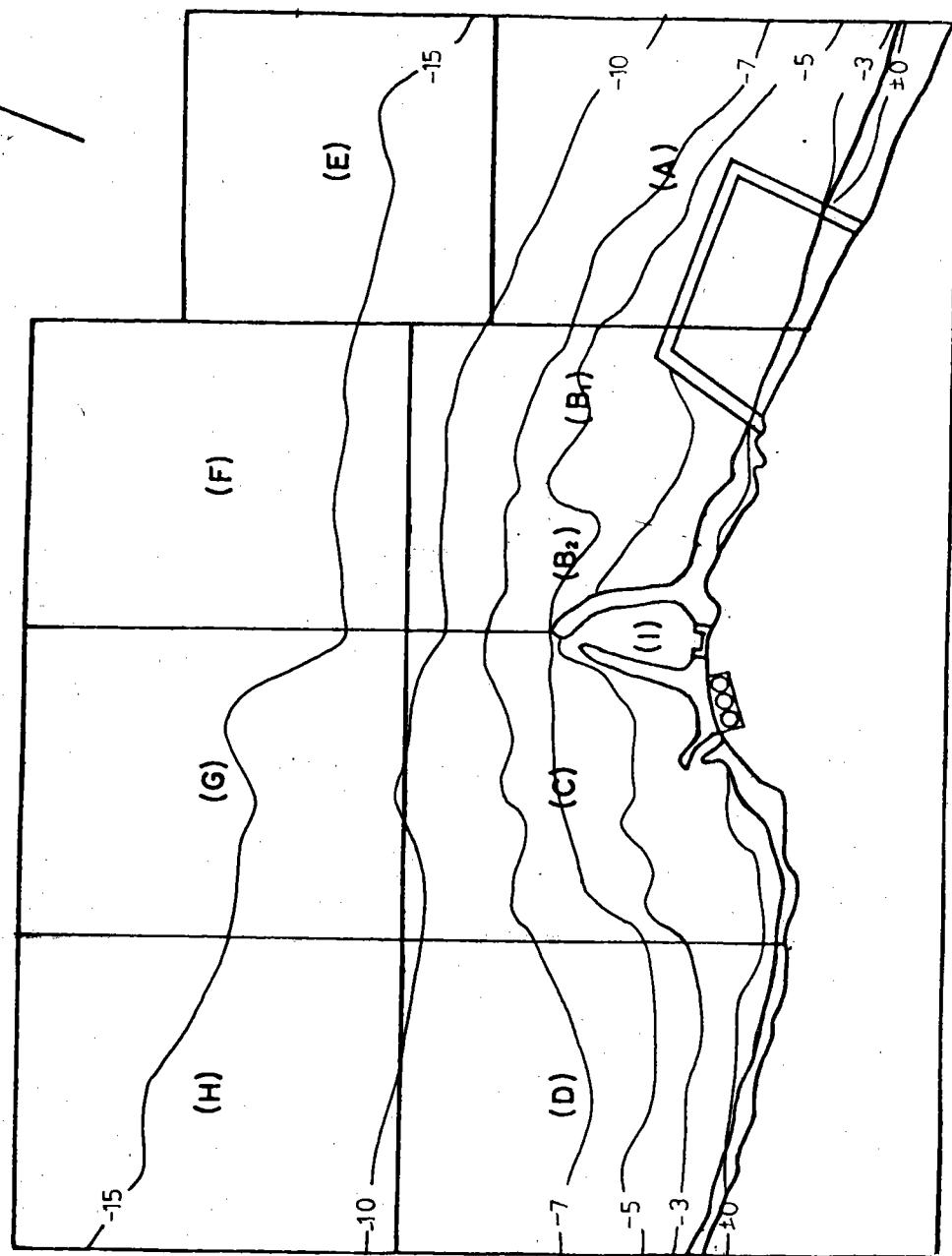


圖 4.12 預備主試驗 III，波浪作用 1 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

號：主試驗 III
 造波時間：2 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 方向：NNE
 高低潮位變化：
 準點：基準點
 比例尺：1/20,000

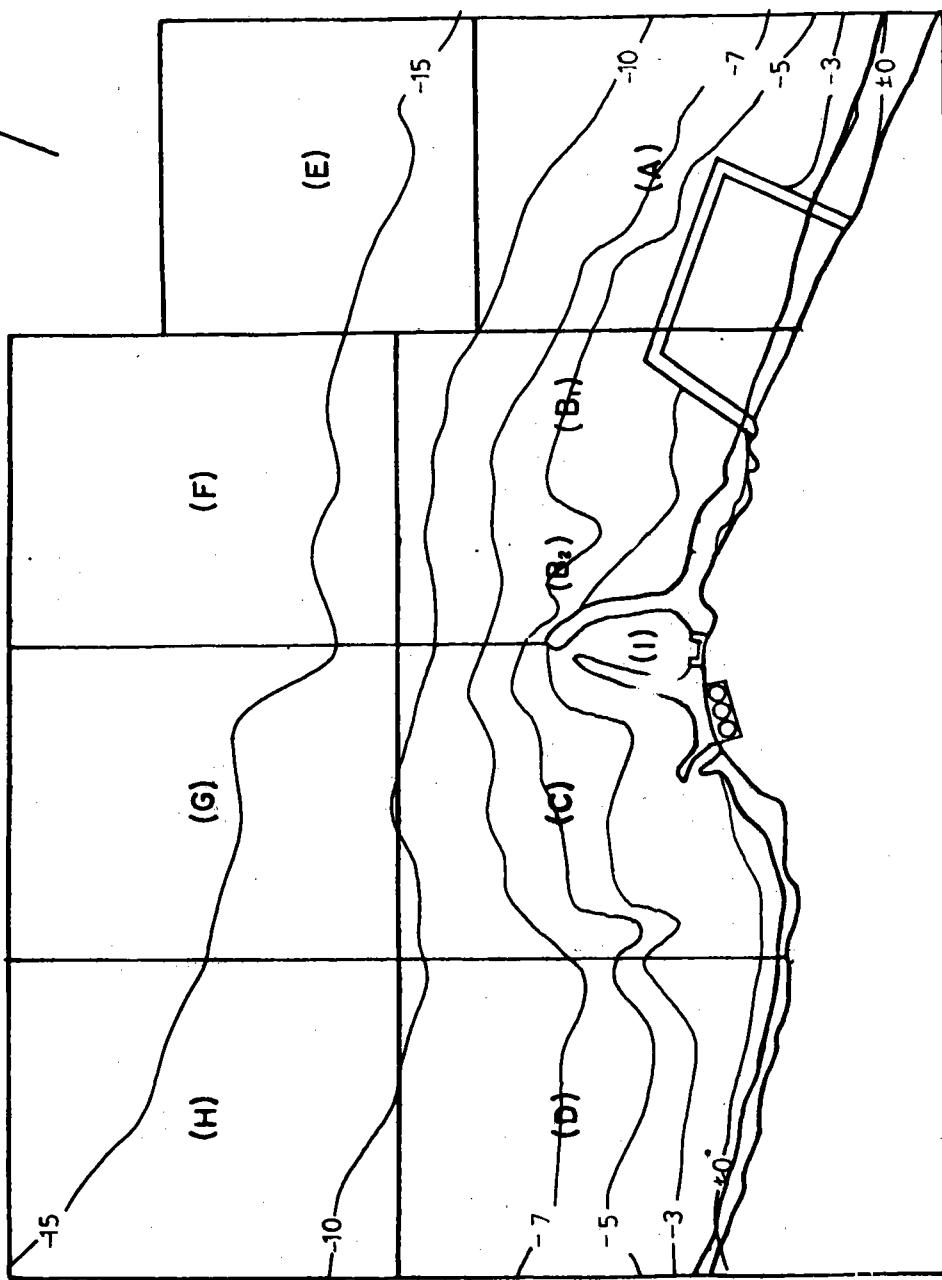


圖 4.13 預備主試驗 III，波浪作用 2 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
T

編號：主試驗 III
 造波時間：3 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 周期：12 sec.
 方向：NNE
 高低潮位變化率：2 ft/min.
 沙基準點：基準點
 加測量尺：1/20,000

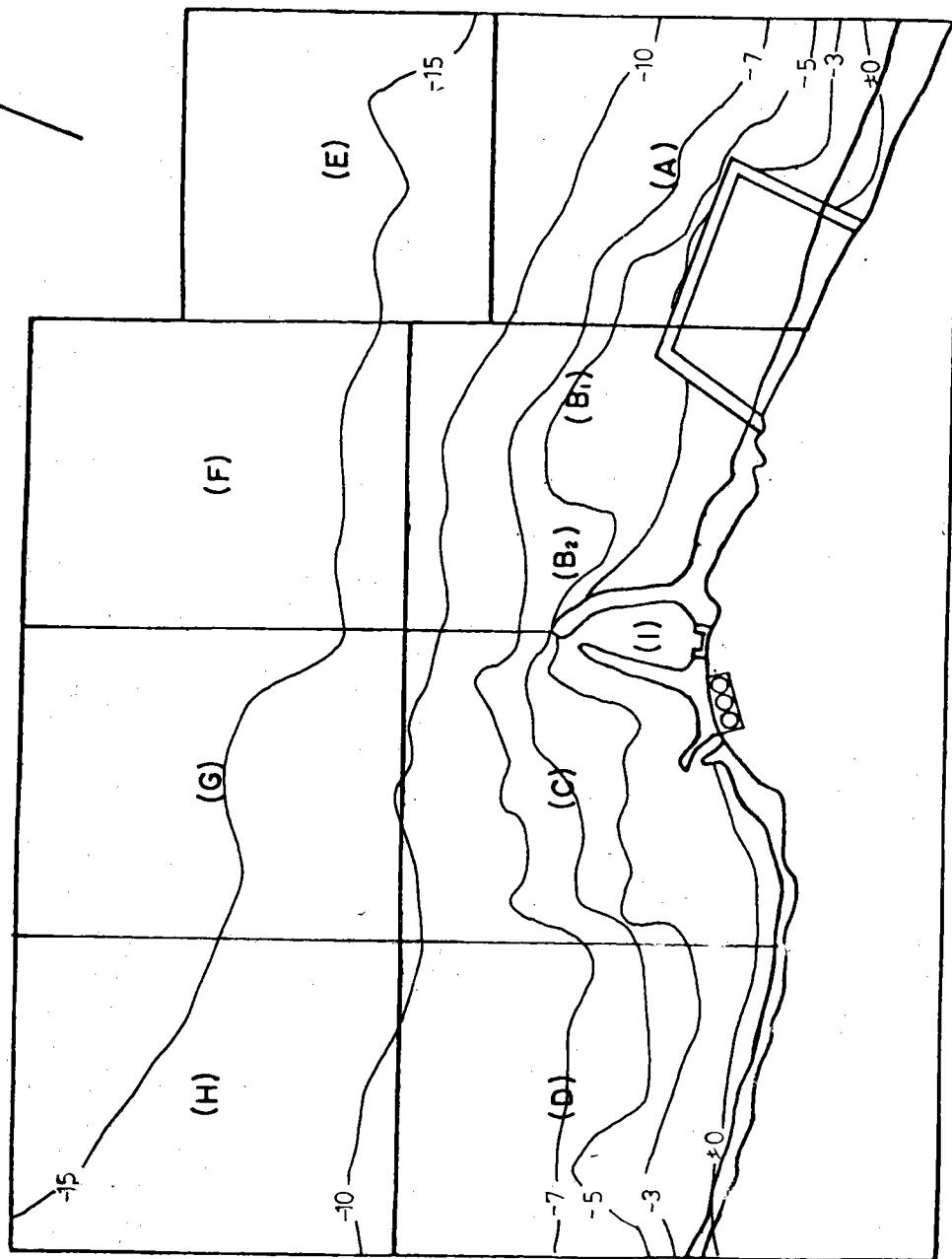


圖 4.14 預備主試驗 III，波浪作用 3 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
↓

編號 : 主試驗 III
 造波時間 : 4 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波浪週期 : 4 m.
 高潮方位 : 12 sec.
 NNE
 潮位變化率 : 2 ft/min.
 加測量基準點 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

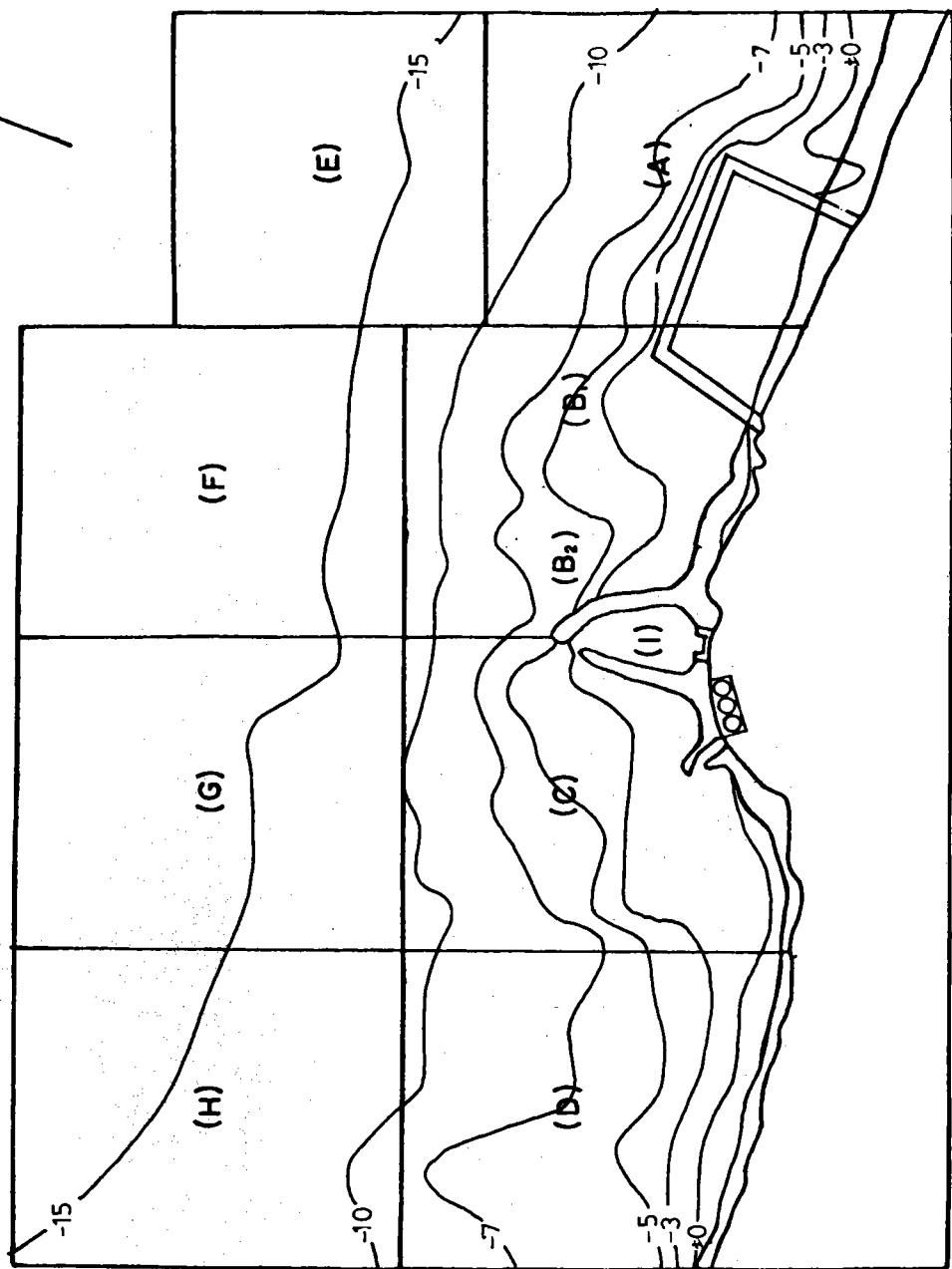


圖 4.15 預備主試驗 III，波浪作用 4 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
+

編號	： 主試驗 III
造波時間	： 5 hr
初期地形	： 72.6.10
波浪週期	： 4 m.
向	： 12 sec.
位	： NNE
高	： 低潮位變化
低	： 2 ft/min.
潮	： 準點
沙	： 基準點
基	： 1/20,000
量	： 比例尺
測	： 地圖
比	： 北

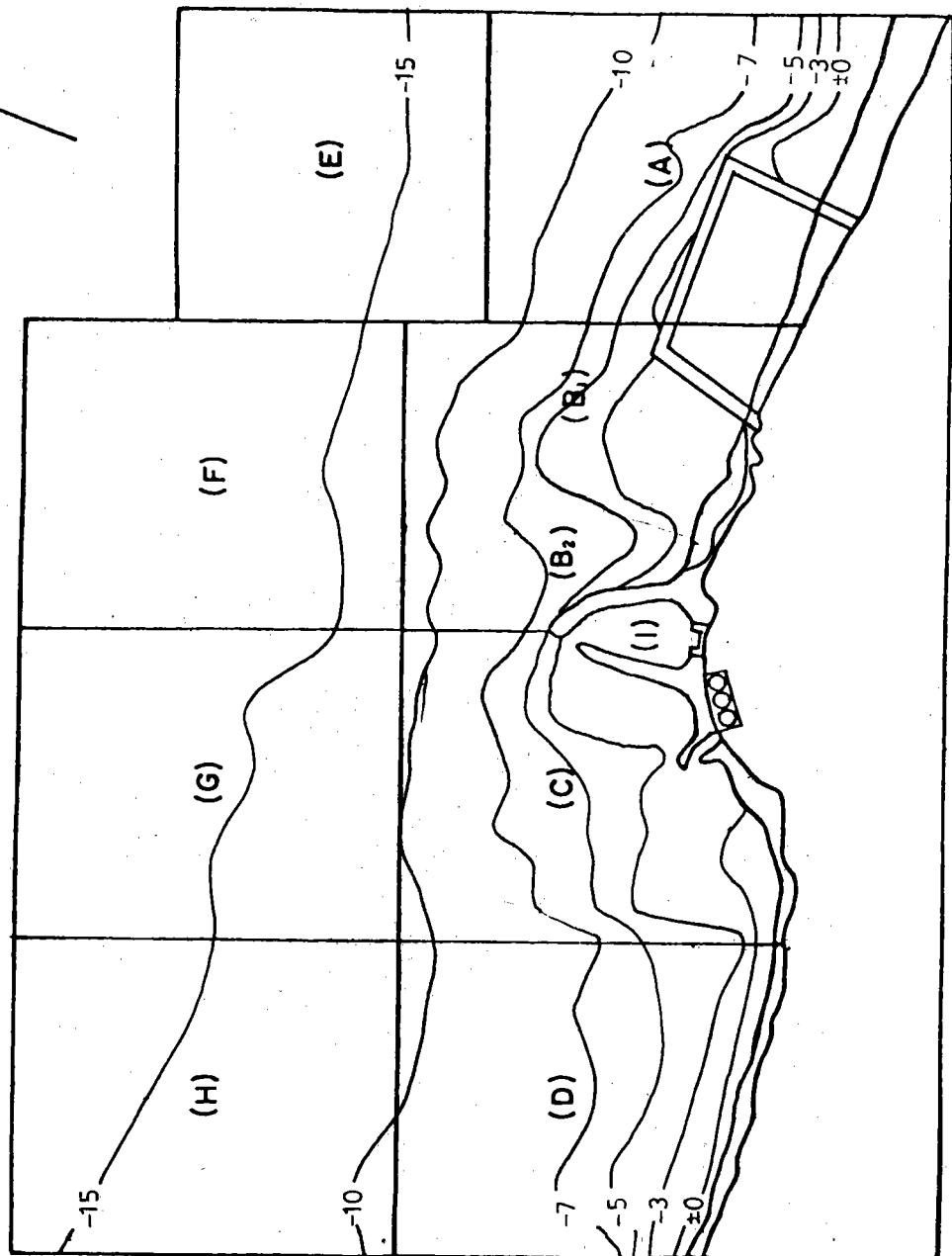


圖 4.16 預備主試驗 III，波浪作用 5 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 III
 造波時間 : 6 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波浪週期 : 4 m.
 波向 : 12 sec.
 高低潮位變化 : NNE
 沙加測量基準點 : 2 l/min.
 圖例 : 基準點
 比率尺 : 1/20,000

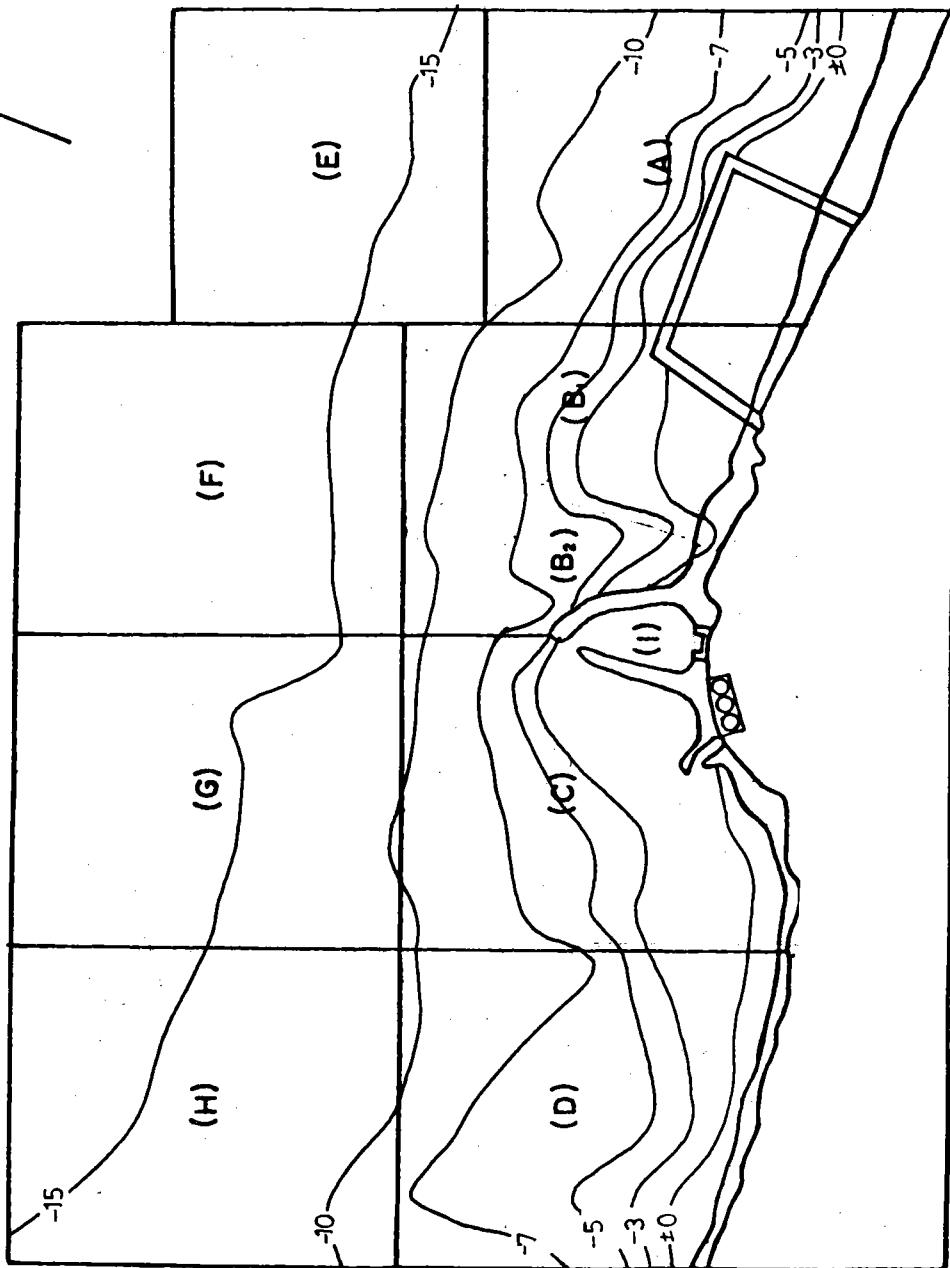


圖 4.17 預備主試驗 III，波浪作用 6 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 III
 造波時間 : 7 hr
 初期地形高 : 72.610
 波週期 : 4 m.
 波向 : NNE
 潮位變化 : 12 sec.
 测量基點 : 2 l/min.
 比例尺 : 基準點
 1/20,000

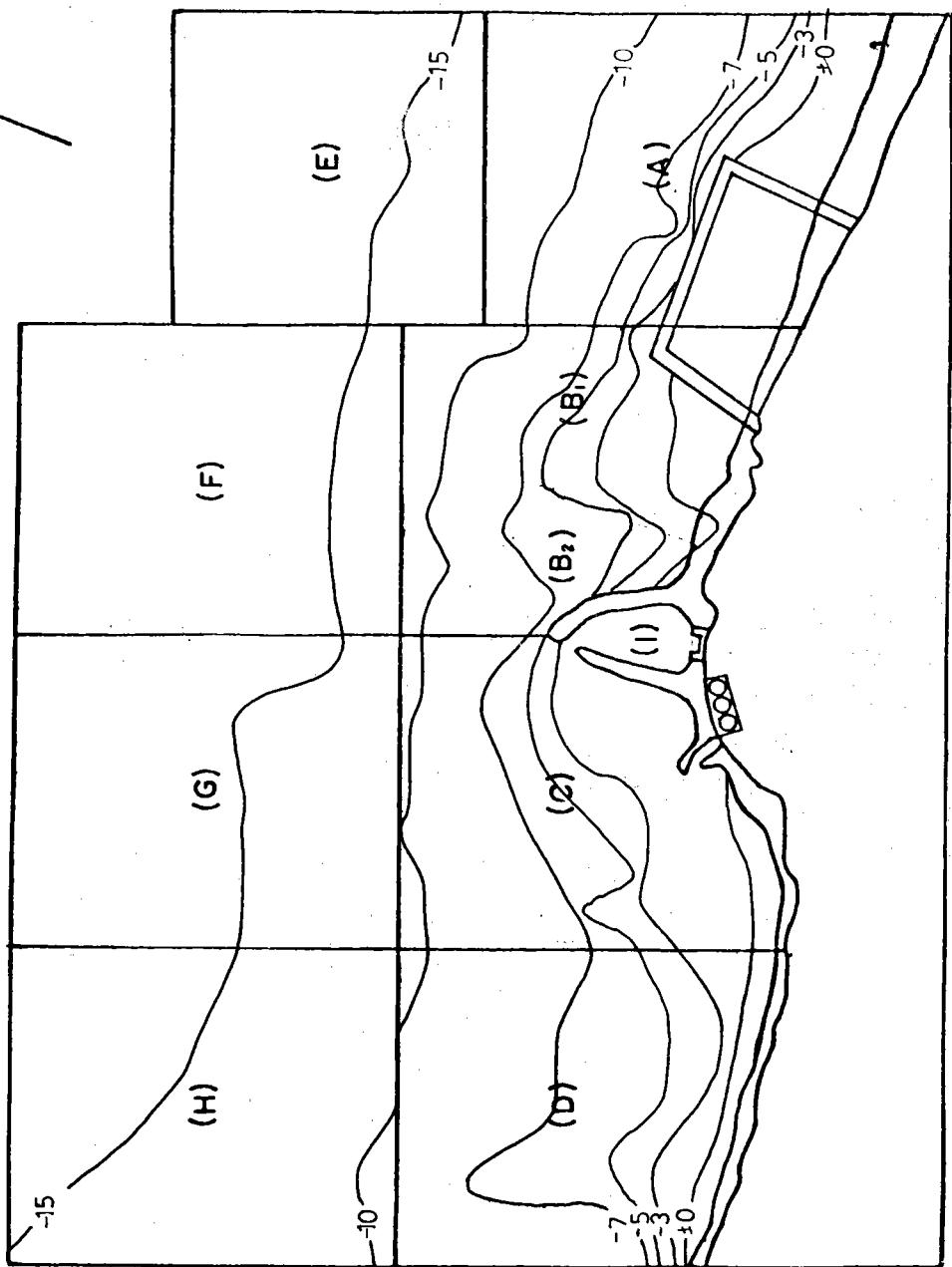


圖 4.18 預備主試驗 III，波浪作用 7 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 造波時間 : 8 hr
 初期地盤 : 72.610
 波浪週期 : 4 m.
 方向 : 12 sec.
 高低潮位變化 : NNE
 沙量測量點 : 20/min.
 基準點 : 本準尺
 比例尺 : 1/20,000

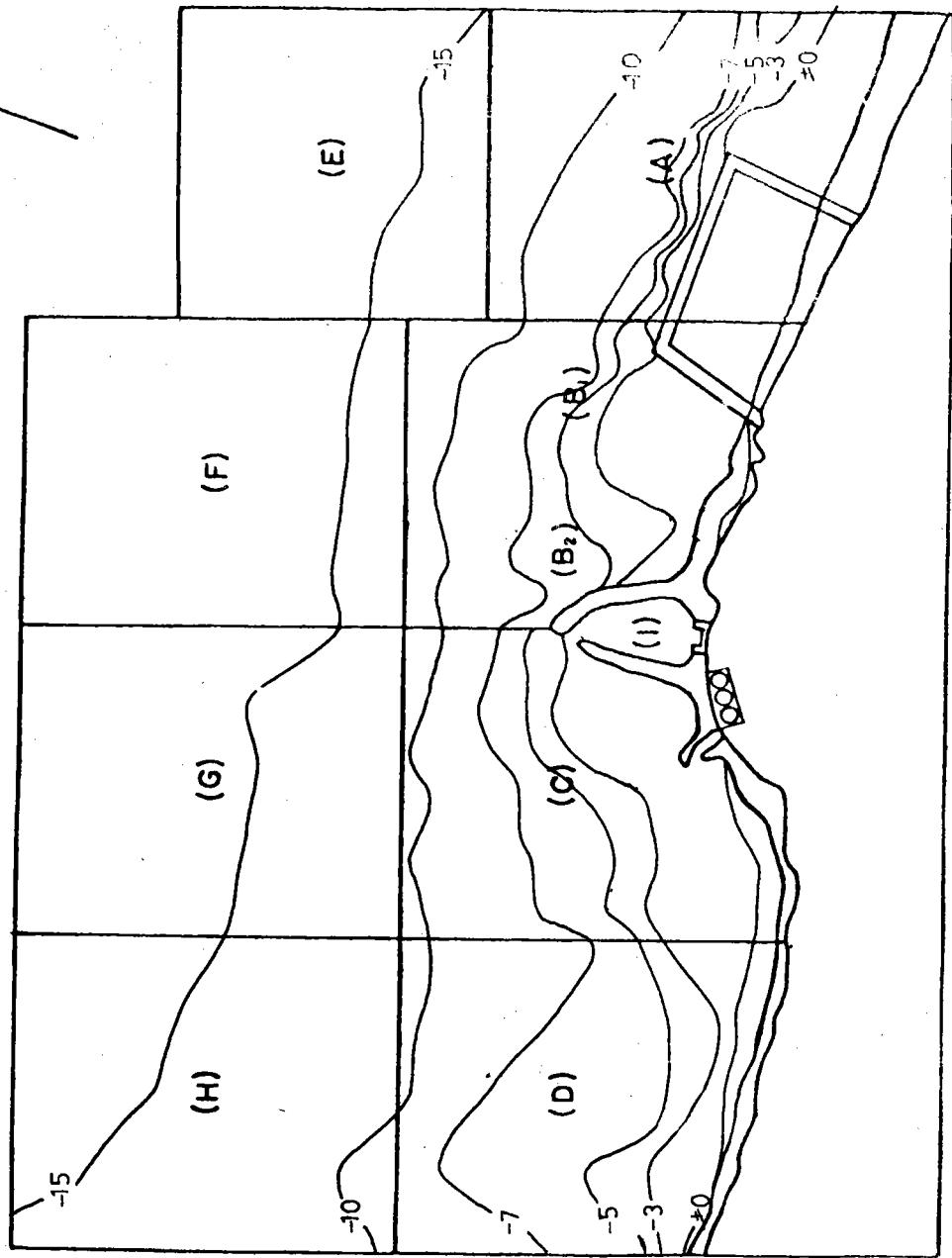


圖 4.19 預備主試驗 III，波浪作用 8 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
A
T

號：主試驗 III
 造波時間：9 hr
 初期地形：72.6.10
 波週期：4 m.
 波向：12 sec.
 波高潮位變化：NNE
 潮量：2 l/min.
 基準點：基準點
 加測量基點：1/20,000
 比例尺

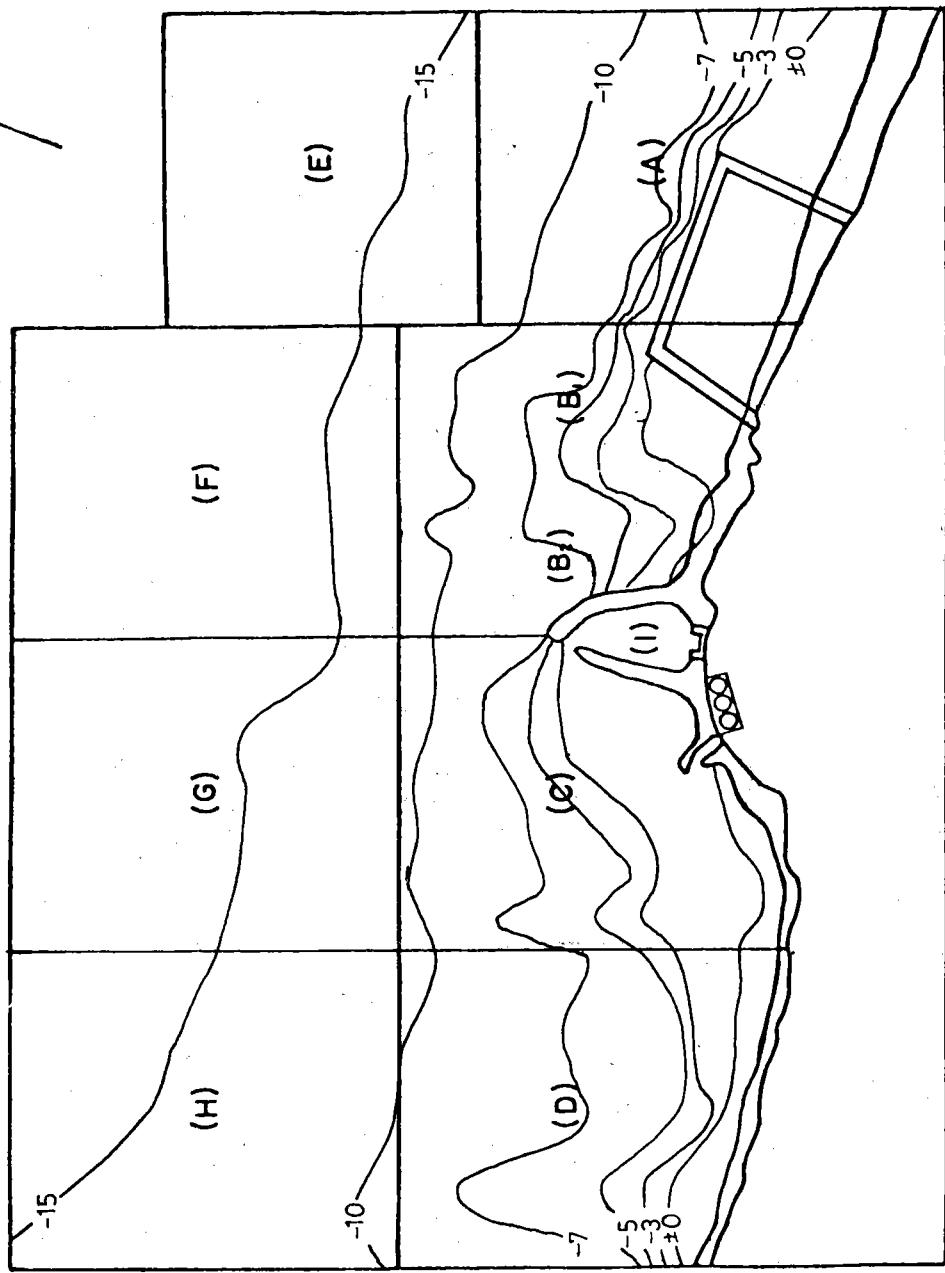


圖 4.20 預備主試驗 III，波浪作用 9 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
A

編號	造波時間	初期地形	高潮方位	低潮方位	測量基準點	比例尺
	: 10 hr	: 高期	: NNE	: 20/min.	: 基準點	: 1/20,000
		: 週波	: 12 sec.			
		: 潮				
		: 加沙				
		: 測量				
		: 比例				

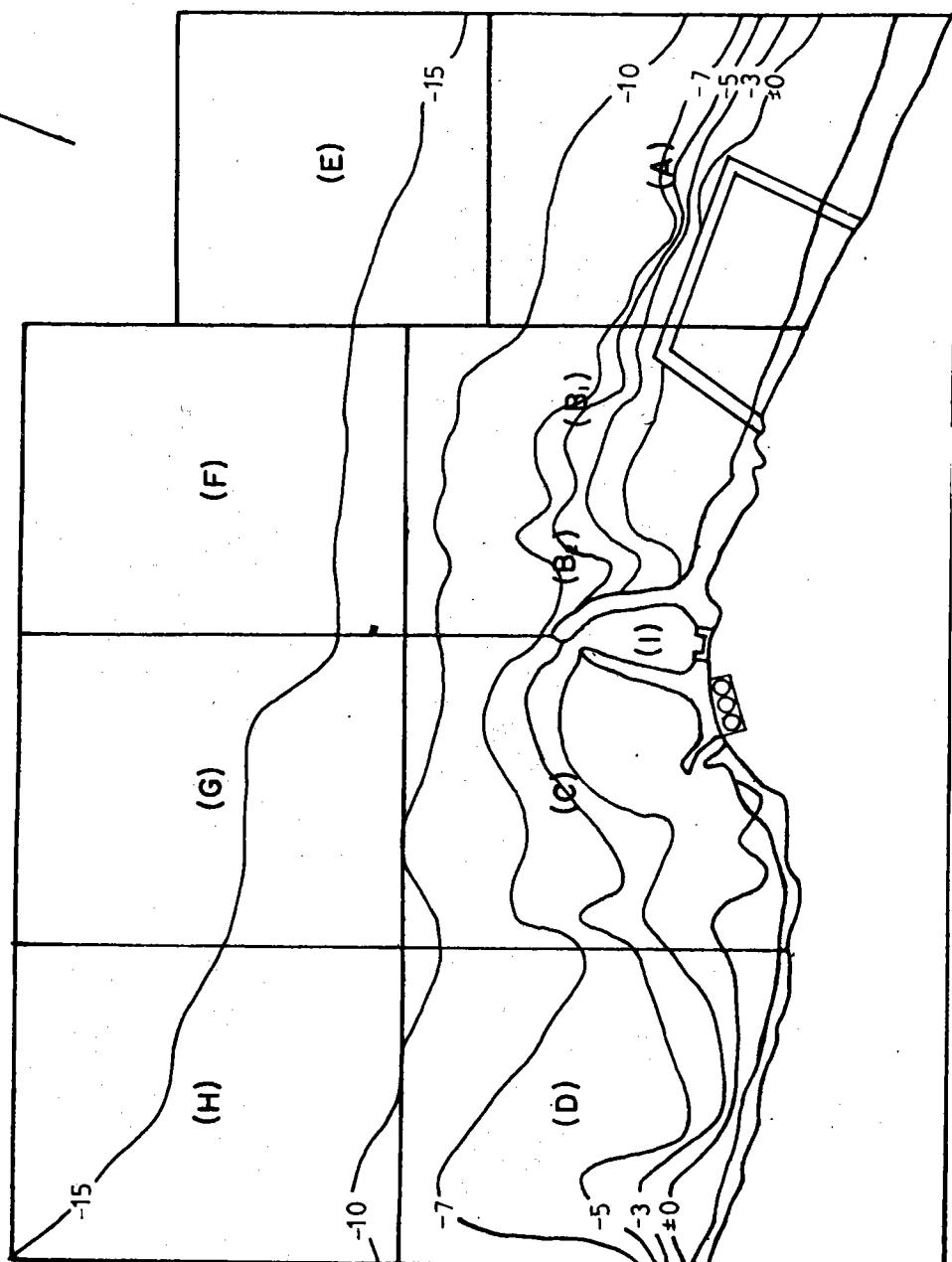


圖 4.21 預備主試驗 III，波浪作用 10 小時後之地形

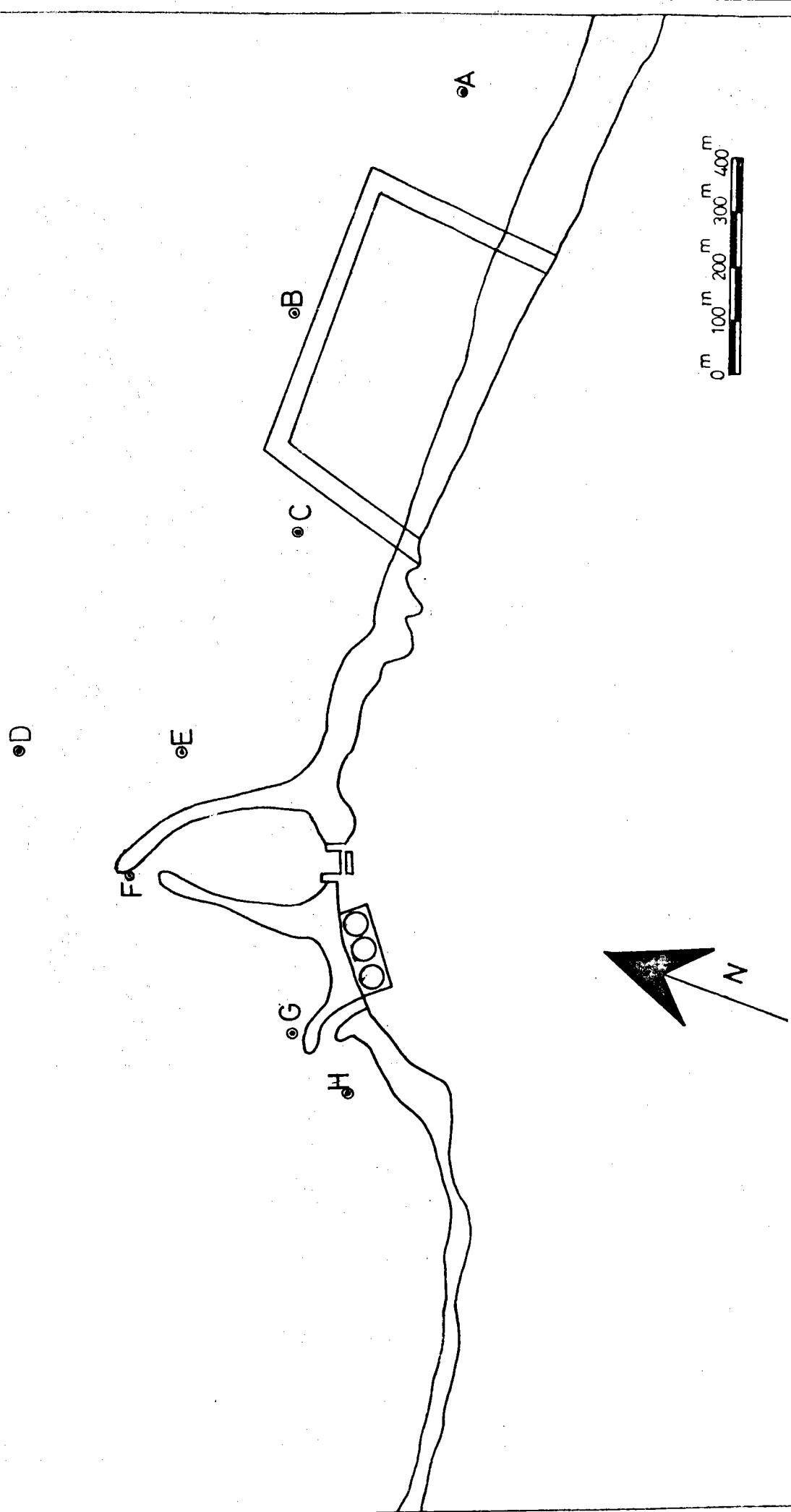
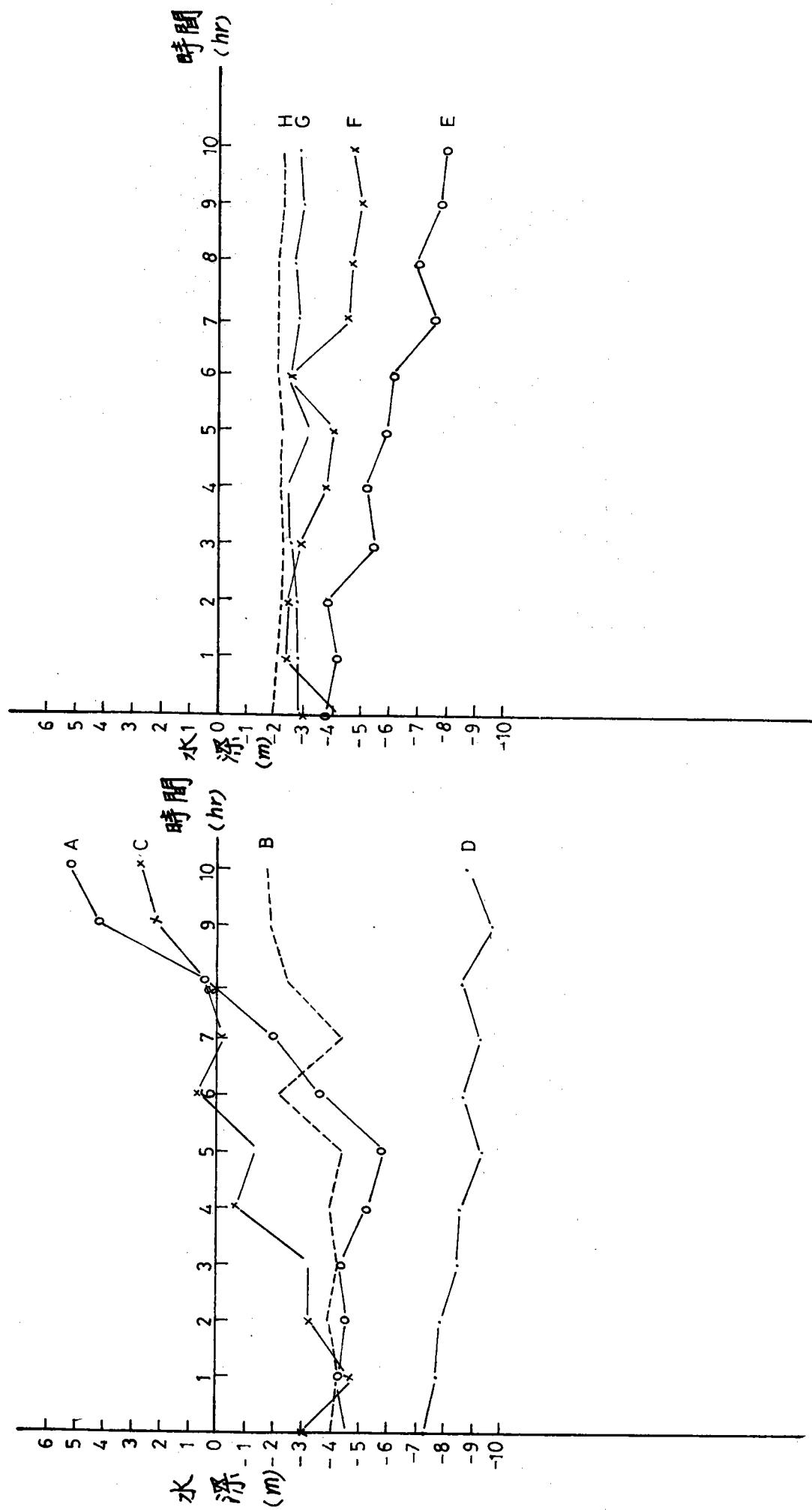


圖 4.22 預備主試驗 III，各水深逐時變化代表點相關位置圖

圖 4.23 預備主試驗 III，各代表點水深逐時變化圖



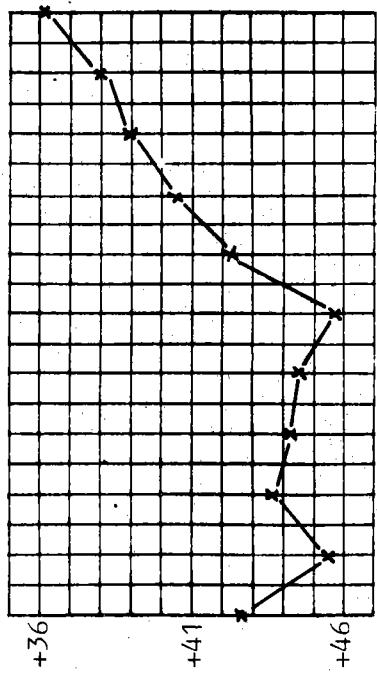


圖 4.24 主試驗 III , A 區土方變化圖

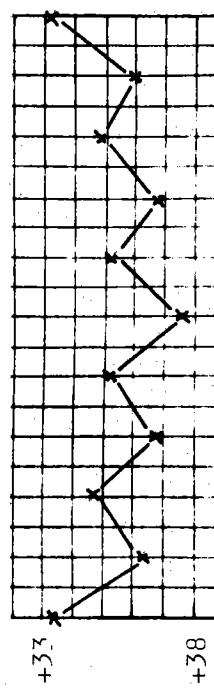


圖 4.25 主試驗 III , B 區土方變化圖

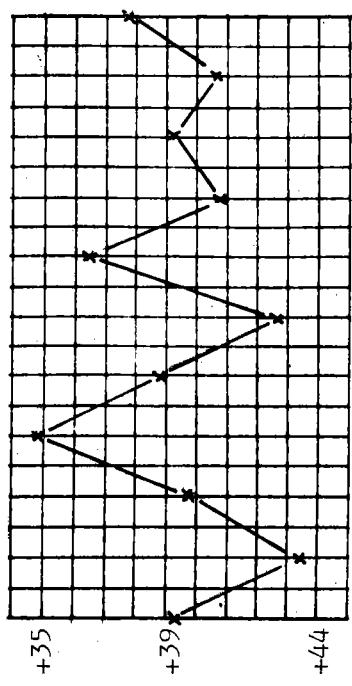


圖 4.26 主試驗 III , C 區土方變化圖

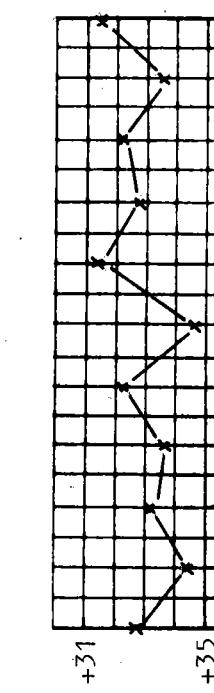


圖 4.27 主試驗 III , D 區土方變化圖

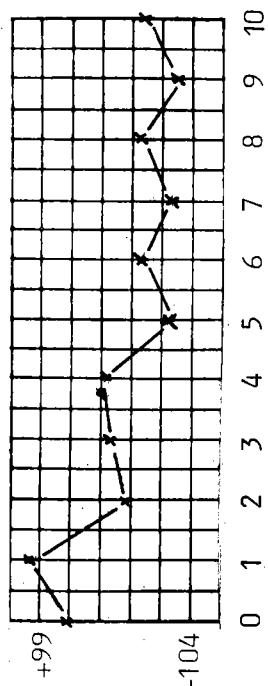


圖 4.28 主試驗 III , E 區土方變化圖

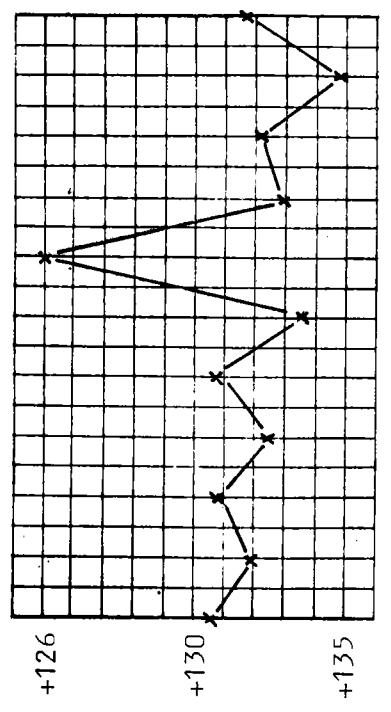


圖 4.29 主試驗 III , F 區土方變化圖

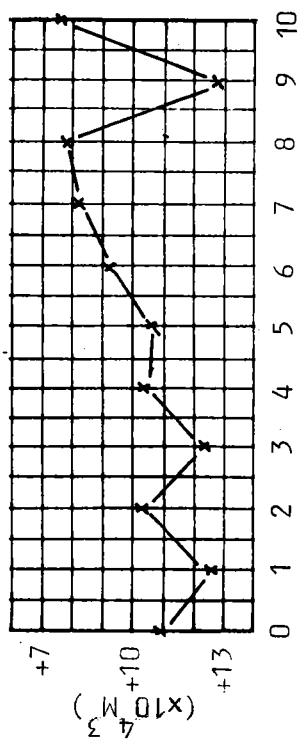


圖 4.32 主試驗 III , I 區土方變化圖

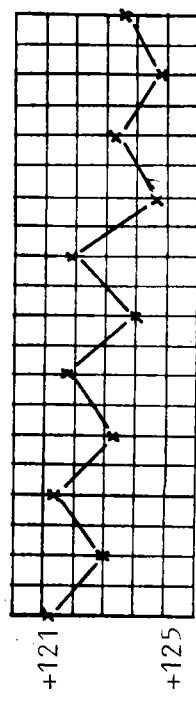


圖 4.30 主試驗 III , G 區土方變化圖

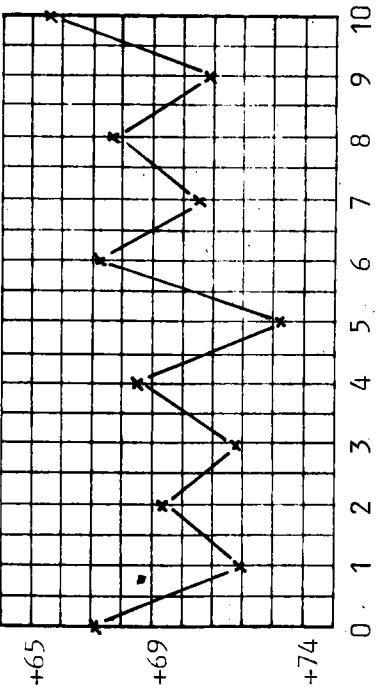


圖 4.33 主試驗 III , B+C+I 土方變化圖

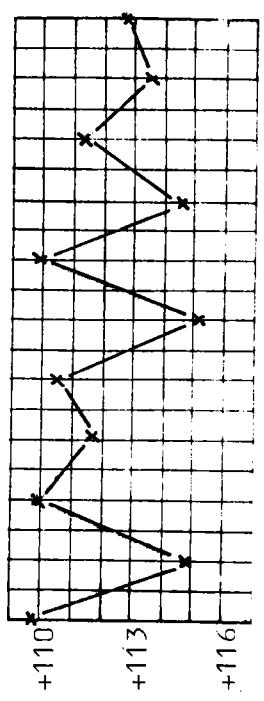


圖 4.31 主試驗 III , H 區土方變化圖

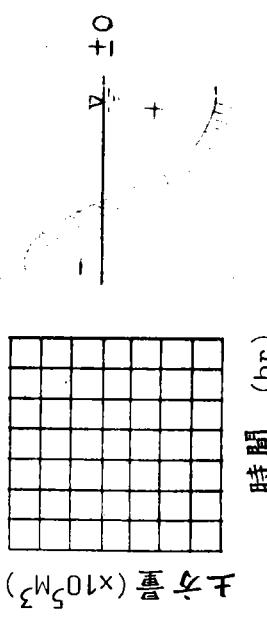
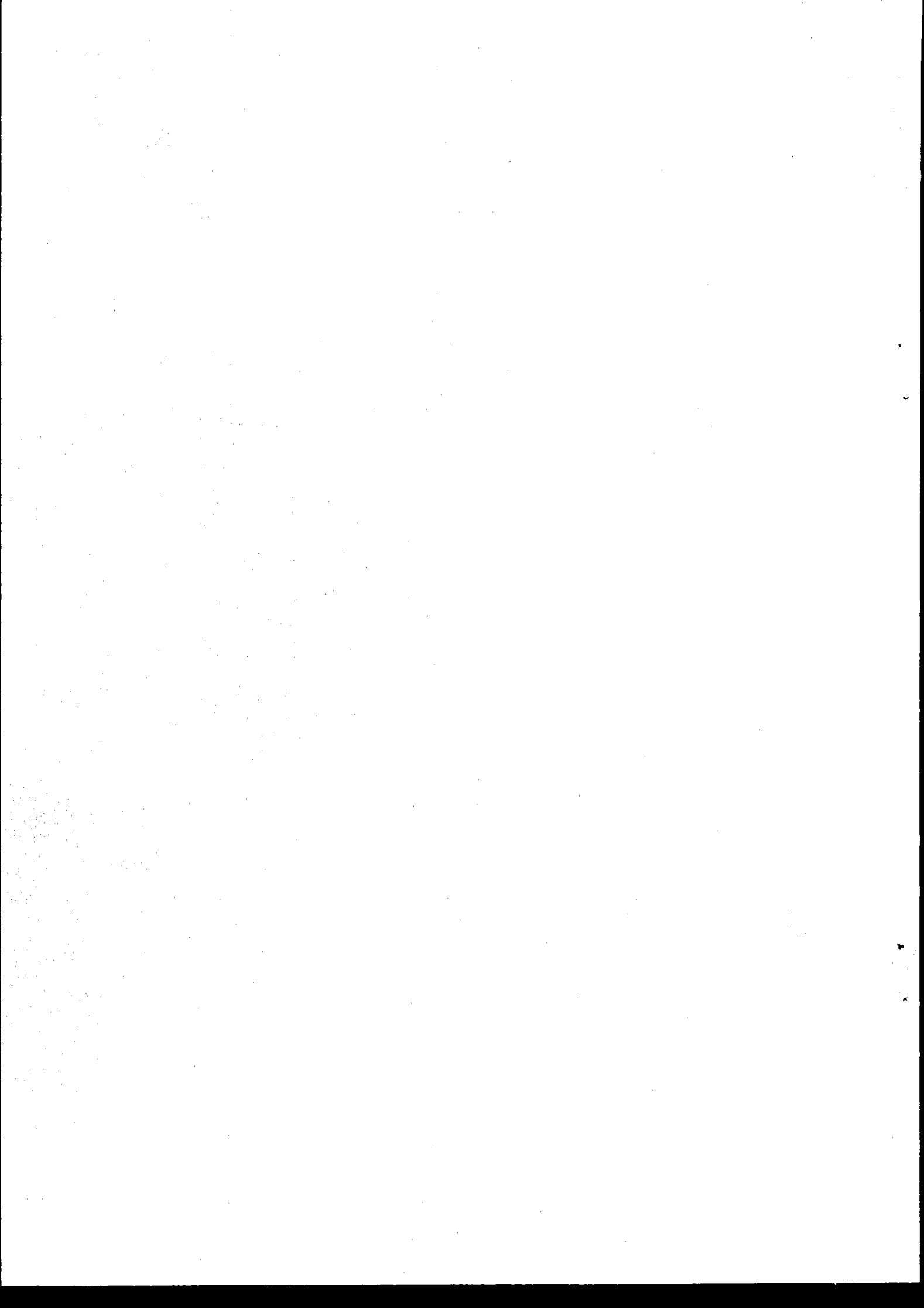
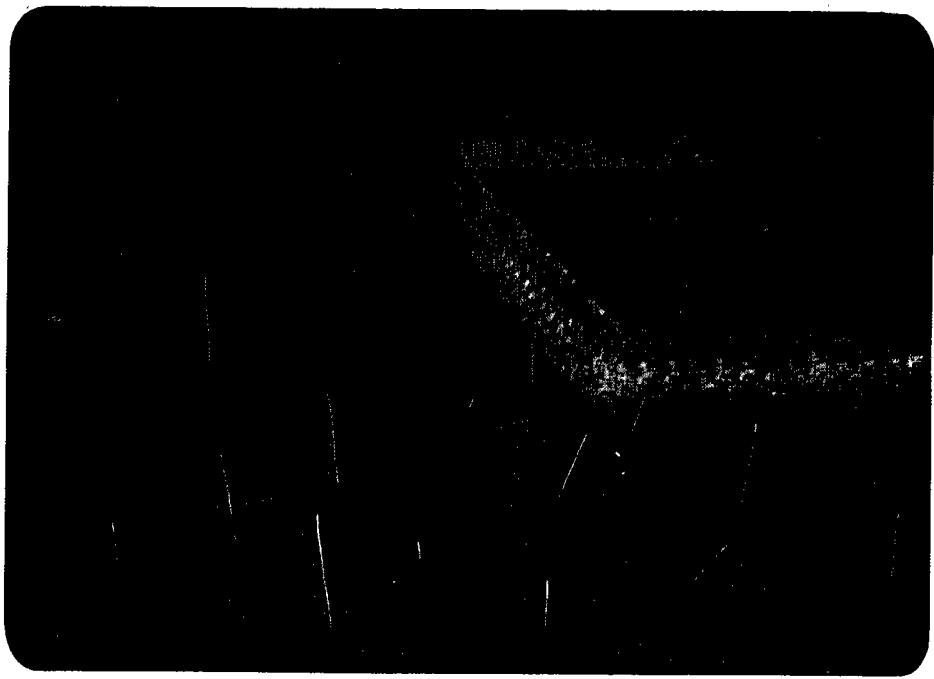
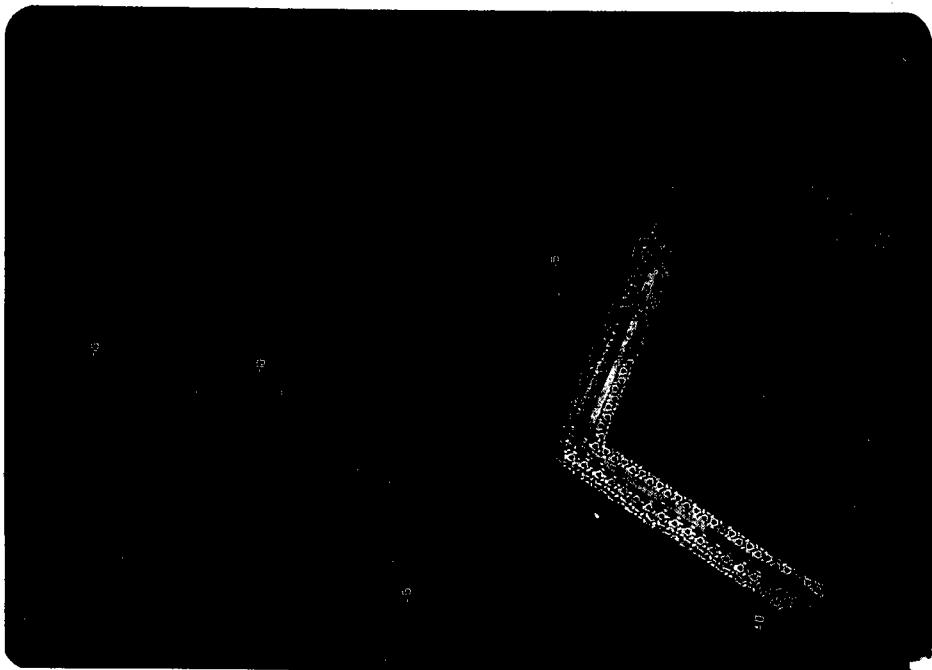


圖 4.34 時間 (hr)

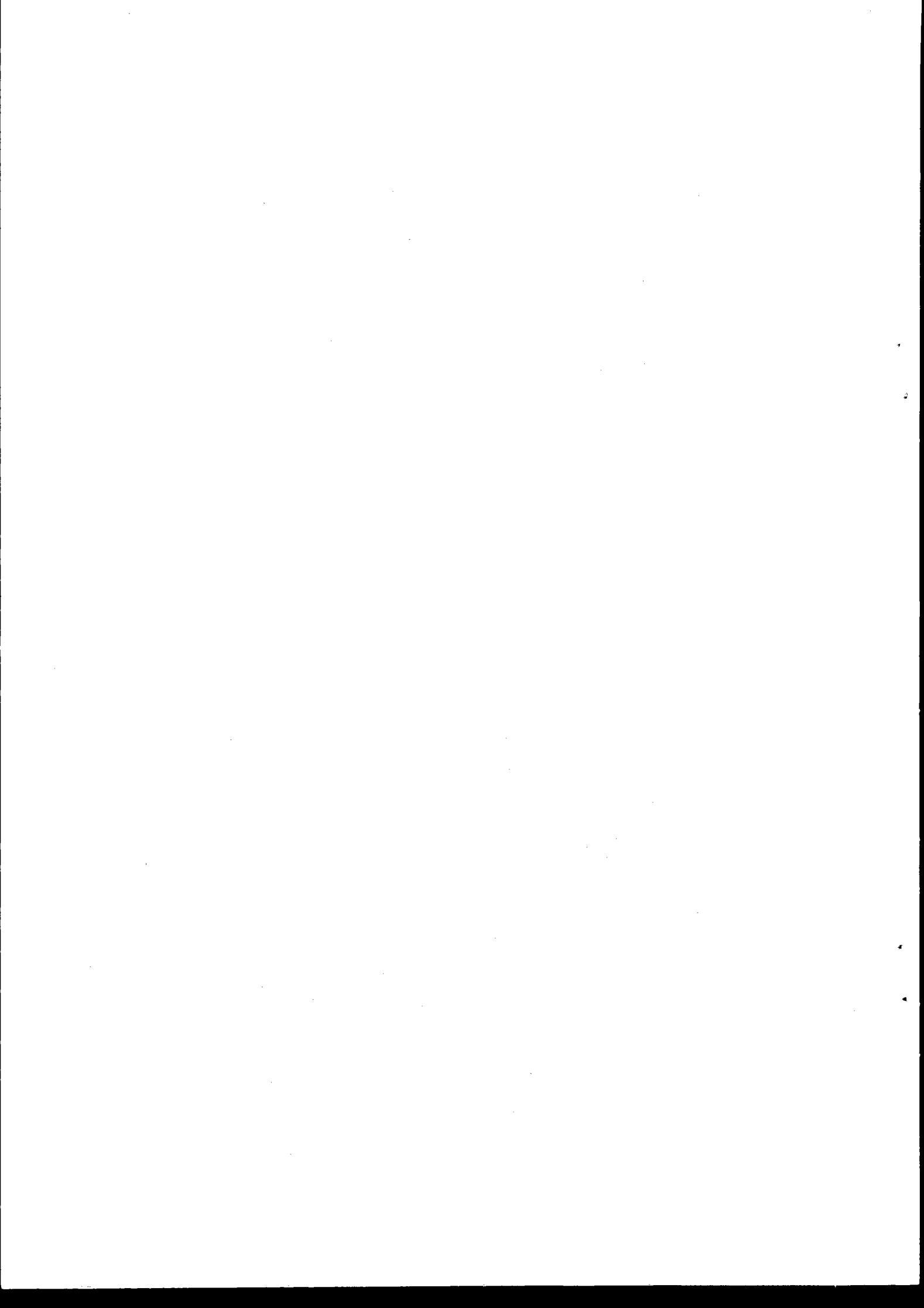




照片 1 主試驗 III，煤灰塘之佈置與構造



照片 2 主試驗 III，煤灰塘之佈置與構造



2. 對策佈置VI：鑑於對策佈置III，只佈置煤灰塘情況下，其對進出水口之防沙效果甚微，故在本佈置中，除佈置煤灰塘之外，再佈置如對策佈置II中之離岸堤與突堤各一。以觀察煤灰塘及進出水口附近漂沙活動情況及淤沙現象，其佈置如照片5、6及圖4.34所示。

根據試驗經過及結果顯示，當造波1小時後，離岸堤和防沙堤之間的儲沙區（即B₂區）已由波浪繞射入缺口內，而帶進不少淤沙，由於離岸堤之遮蔽效果不錯，進水口內浪少且未淤沙，而離岸堤與進水口之間形成一水道，導引由缺口進入B₂區之水流由此出去，正好消滅在堤頭繞射之波能，並將沙沖走，故進水口未淤沙。

當波浪繼續作用時，可以看出灰塘右側不斷地積沙而部份沙源則沿灰塘堤身往下游運行，灰塘堤址淤沙甚為明顯，其坡甚陡，顯示沙源充足之現象，但於現場，則需注意沙源如不足時，其堤址恐遭冲刷。灰塘左側與突堤之間淤沙漸增，且向岸邊推移，在B₂區內之積沙亦增多，在高低潮位併同波浪作用下，漸向岸邊推移，在進水口之左前方，由於未受到離岸堤之遮蔽，已有淤沙出現，而波浪已作用7小時，進水口內仍無積沙。

當波浪作用14小時後，灰塘之右側已為上游沙源所填滿，大量漂沙被帶往下游，突堤與灰塘左側形成一積沙區，而B₂區內亦呈弧狀積沙，連接突堤和進水口右堤，而進水口左前方，亦形成堆積，此為少部份漂沙沿離岸堤往下游運行，至左堤頭又為B₂區之水流所冲，故堆積於進水口左前方。而進水口由於受到離岸堤之遮蔽，淤沙現象幾無，但其左前方之淤沙距進水口甚近，仍會影響進水口。

本對策佈置和對策佈置II之原理相同，是以突堤阻斷沙源，並輔以離岸堤，俾自然補沙於堤後，形成一儲沙區，使整體佈置達到完全阻斷上游漂沙，同時獲致防浪之效果。由於灰塘和離岸堤與波向線夾

一角度，若能垂直，必可減少沿岸波能和反射部份波浪，以減少漂沙，則本佈置之防沙效果必更好。

試驗過程中，每小時地形如圖 4.34~4.48 所示。

主試驗IV，各水深逐時變化代表點之相關位置如圖 4.49 所示。

主試驗IV，各代表點水深逐時變化如圖 4.50 所示。

試驗過程中，各區土方變化如圖 4.51~4.61 所示。

主試驗IV，造波前之地形與佈置，如照片 5，6 所示。

試驗過程中，本佈置遮蔽波浪及沿岸漂沙形態如照片 7，8，9，10，11 所示。

主試驗IV，造波 14 小時後之地形，如照片 12，13 所示。

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號：主試驗 IV
 造波時間：0 hr
 初期地形高：72.610
 波期：4 m.
 方向：NNE
 週期：12 sec.
 潮位變化率：萬低潮位變化
 率： 2 ft/min.
 加測量基點：基準點
 比例尺：1/20,000

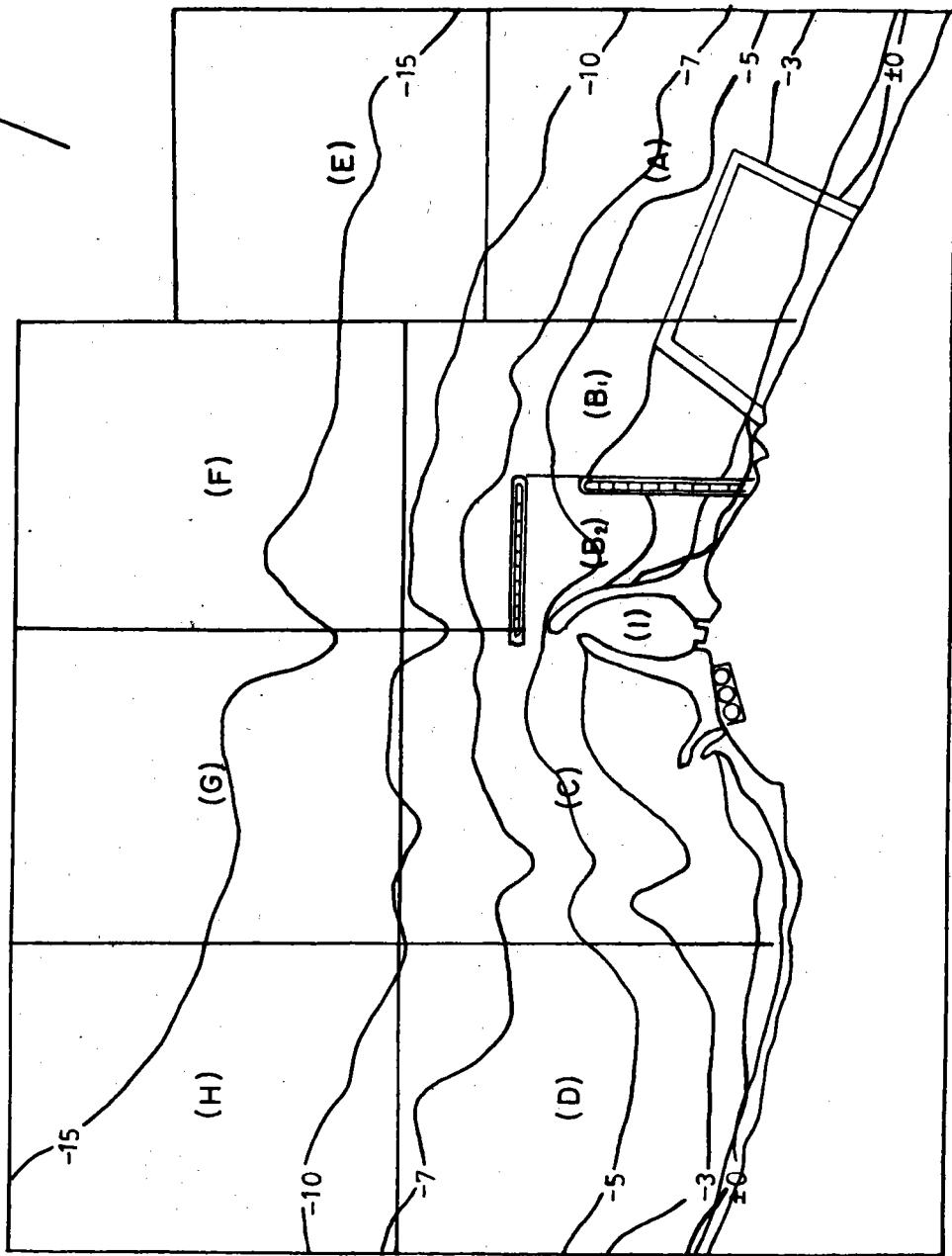


圖 4.34 主試驗IV，波浪作用前之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

主試驗IV
 時間：1 hr
 地形：72.6.10
 高期：4 m.
 方向：12 sec.
 週期：NNE
 沙量：萬公噸/min.
 基準點：基準點
 比例尺：1/20,000

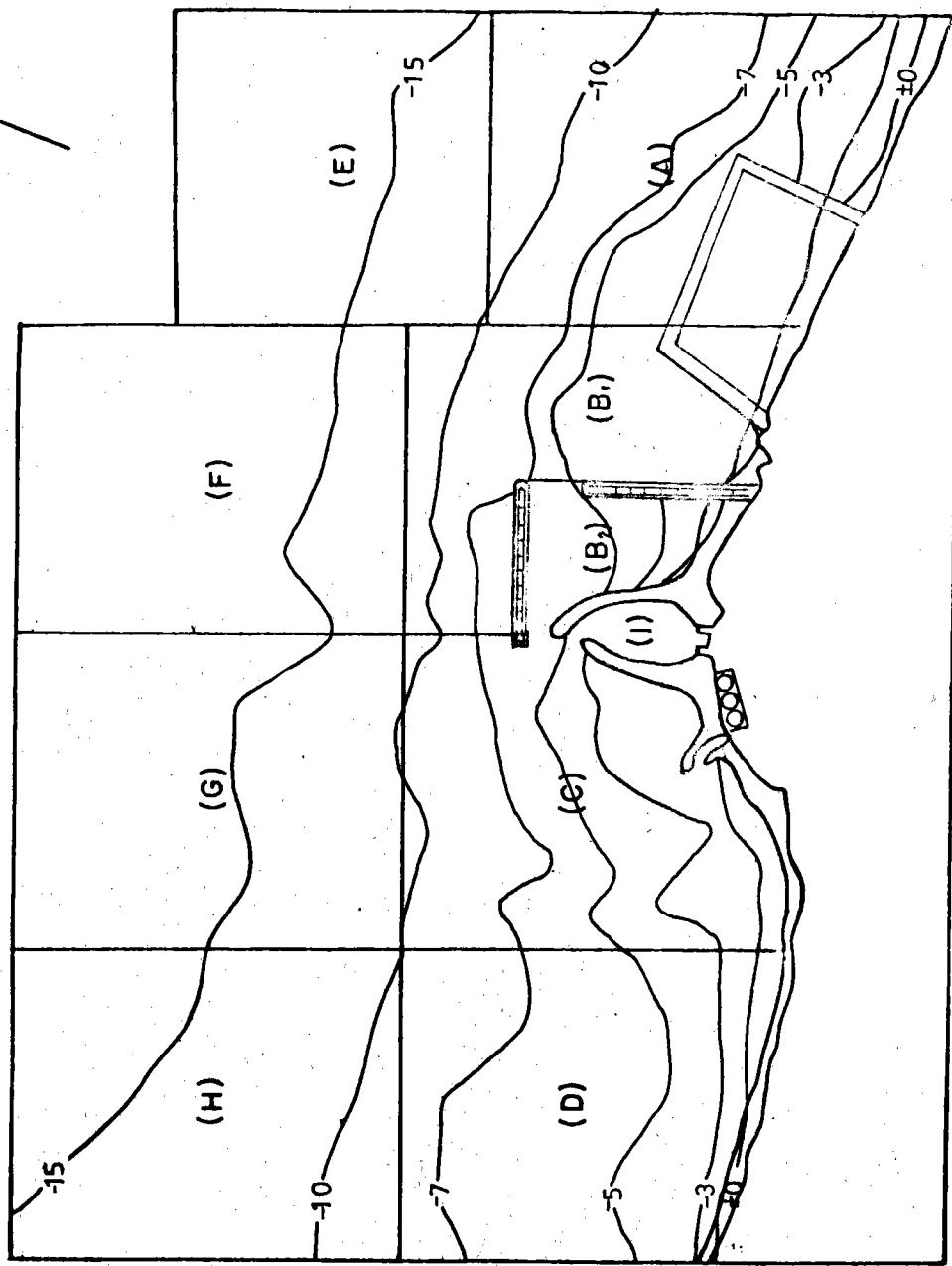


圖 4.35 主試驗IV，波浪作用 1 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號：主試驗IV
 造波時間：2 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 向位：NNE
 低潮位變化：
 加潮量：2 l/min.
 沙基準點：基準點
 測量基準尺：1/20,000
 比例尺

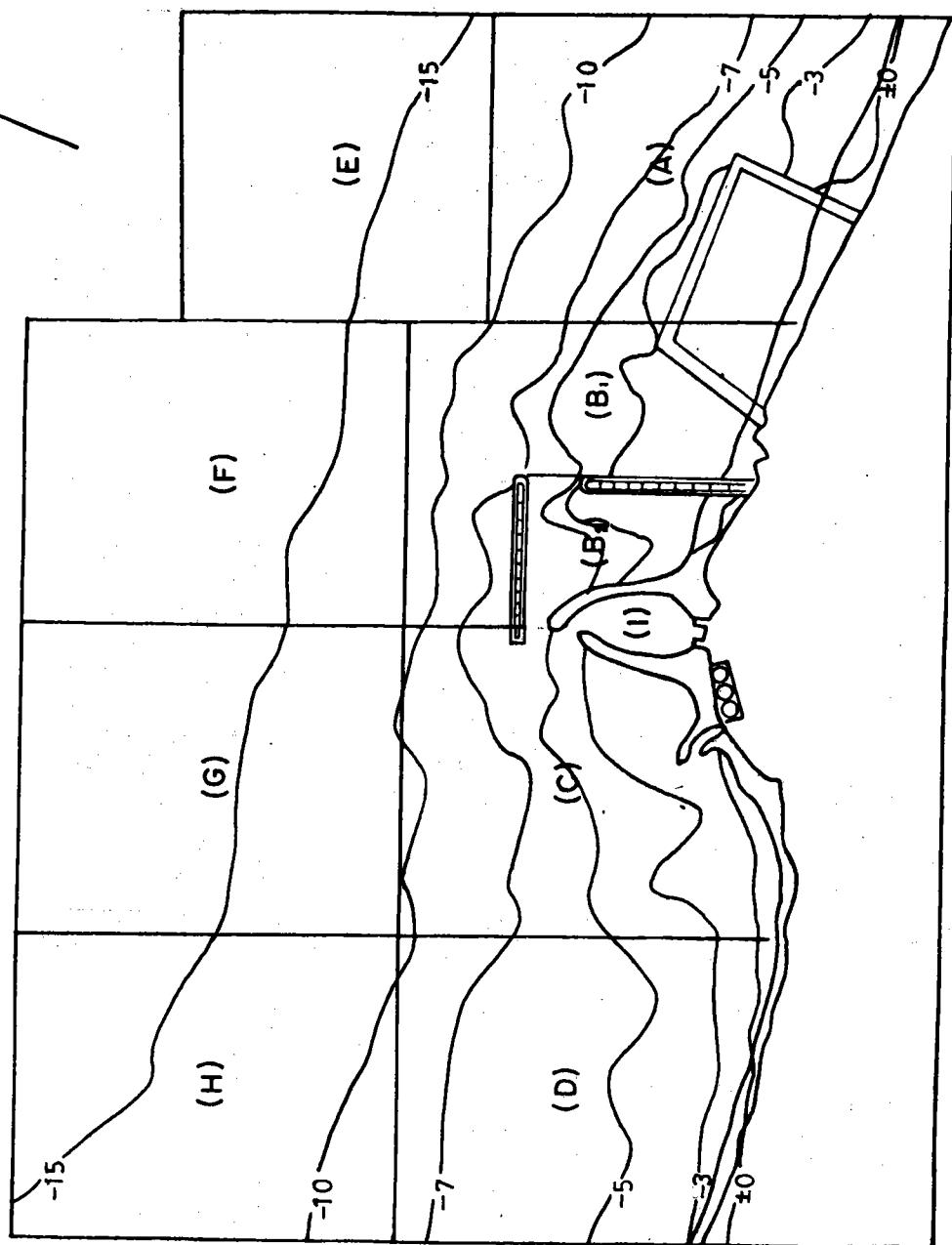


圖 4.36 主試驗IV，波浪作用 2 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號 : 主試驗 IV
 造波時間 : 3 hr
 地形高 : 72.610
 初期波浪 : 4 m.
 方向 : NNE
 週期 : 12 sec.
 潮位變化 : 動低潮位變化
 營測量基準點 : 2 l/min.
 準尺 : 1/20,000

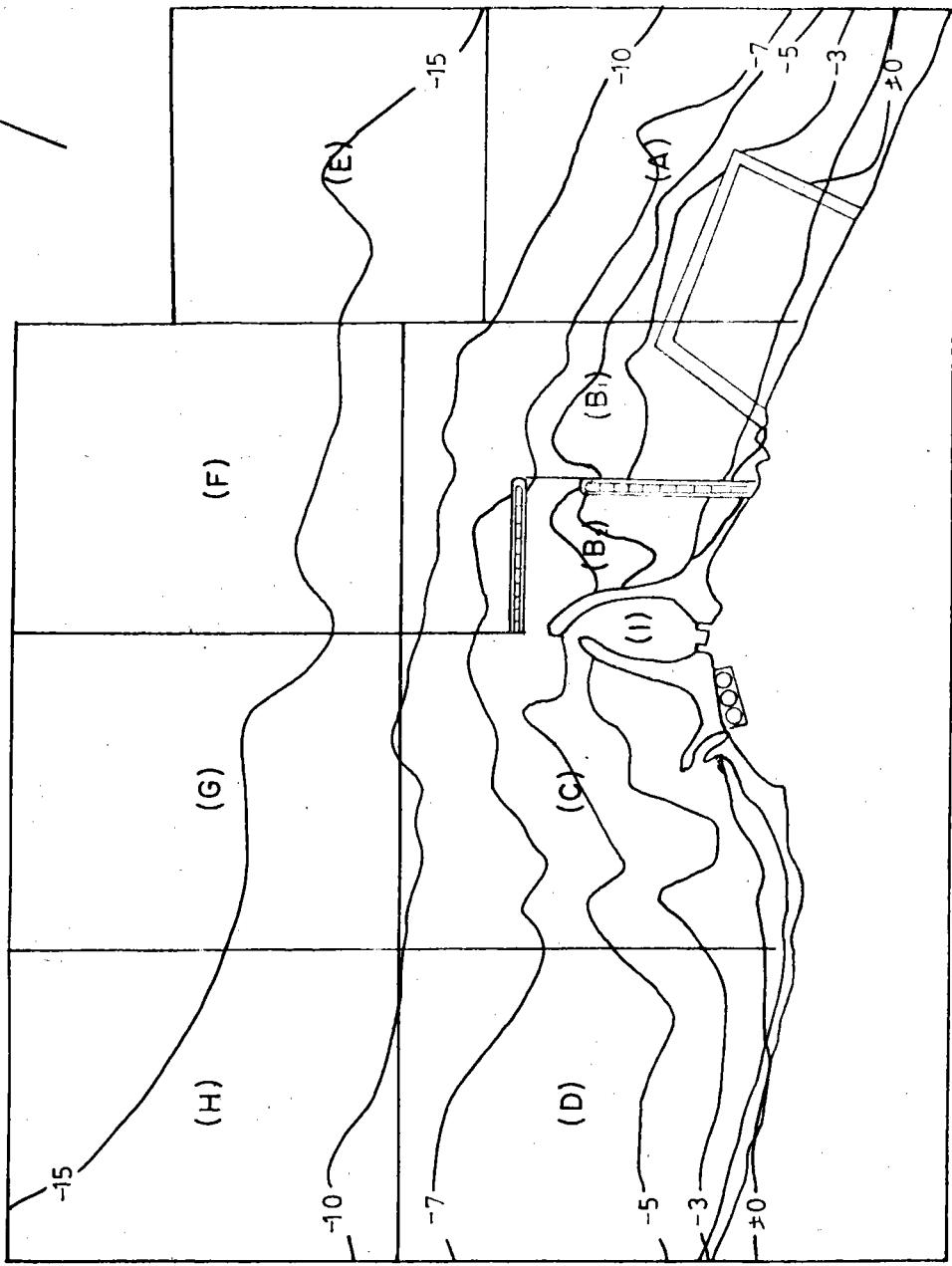


圖 4.37 主試驗IV，波浪作用 3 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號 : 主試驗 IV
 造波時間 : 4 hr
 地形高 : 72.610
 期向 : NNE
 波浪變化 : 12 sec.
 初波高 : 4 m.
 潮低 : 2 λ /min.
 波期率 : 基準點
 测量基尺 : 1/20,000

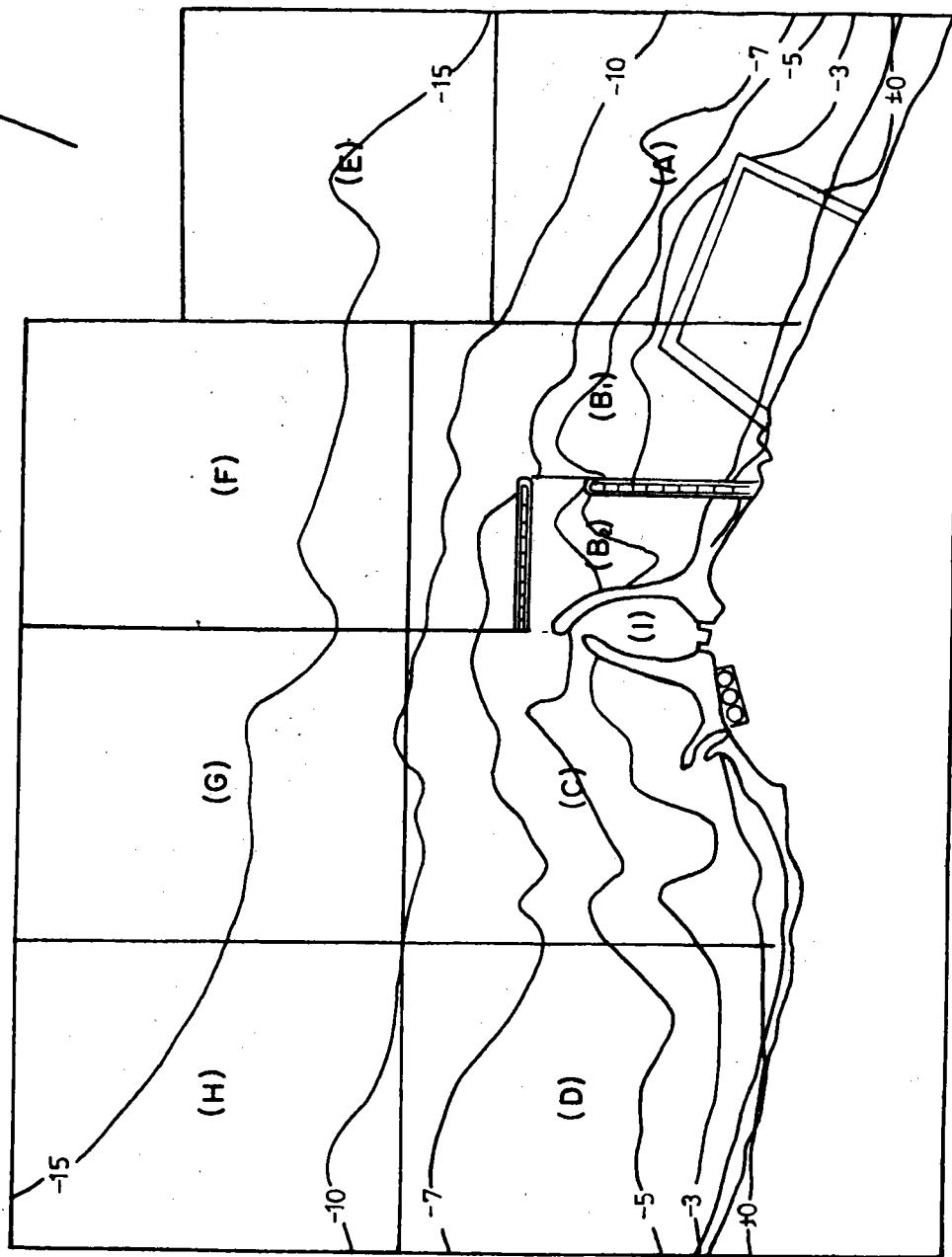


圖 4.38 主試驗IV，波浪作用 4 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

主試驗IV
 時期：5hr
 地形高：72.610
 週期：4 m.
 方向：12 sec.
 位向：NNE
 變化率：萬低潮位變化
 準點：2 $\varrho/min.$
 基準點：1/20,000
 號：編造波初期
 波浪測量基測量比例尺

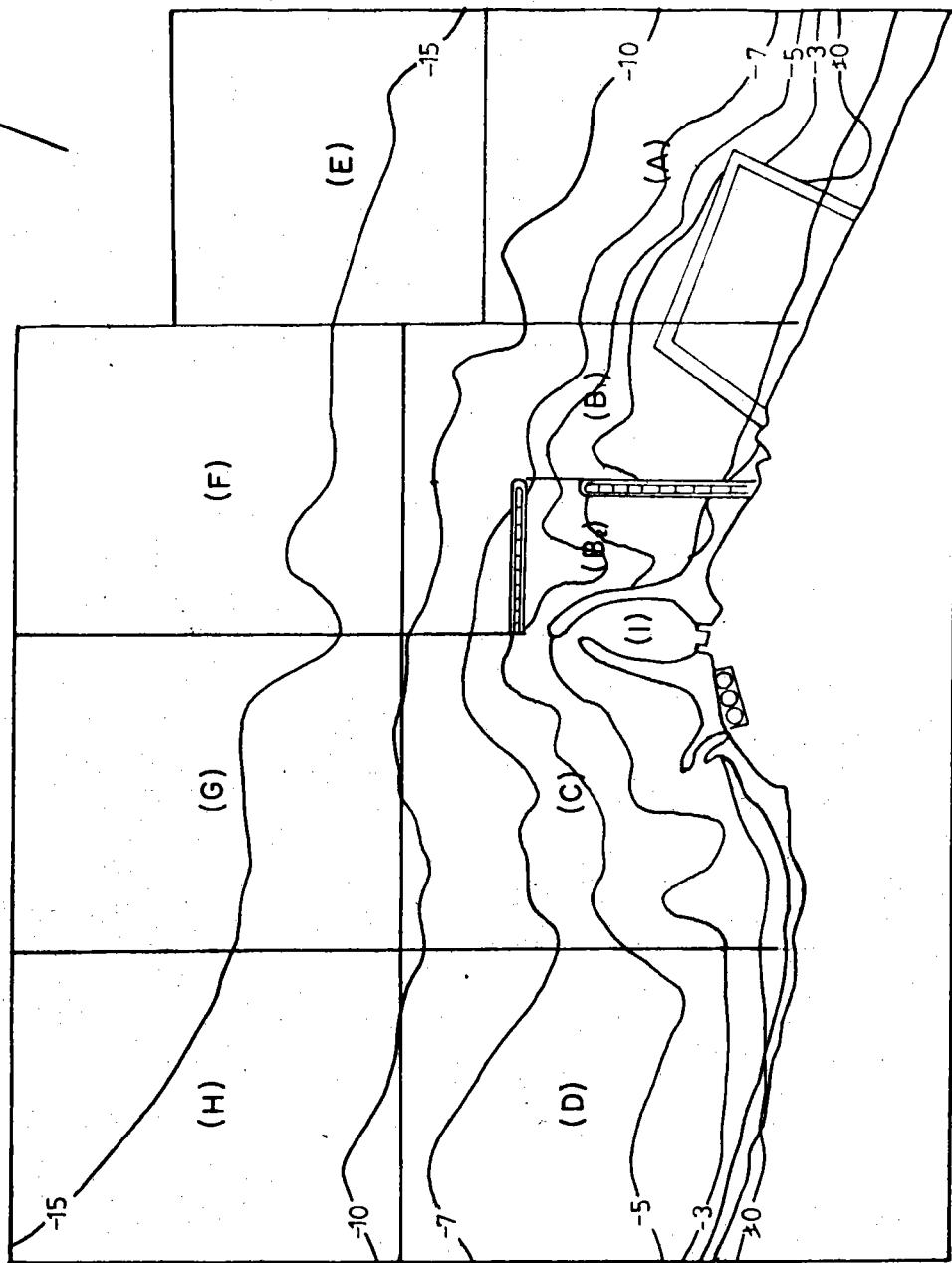


圖 4.39 主試驗IV，波浪作用 5 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

主試驗 IV
 様造波時間 : 6 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 方向 : NNE
 高低潮位變化 :
 測量基準點 : 2 l/min.
 比例尺 : 1/20,000

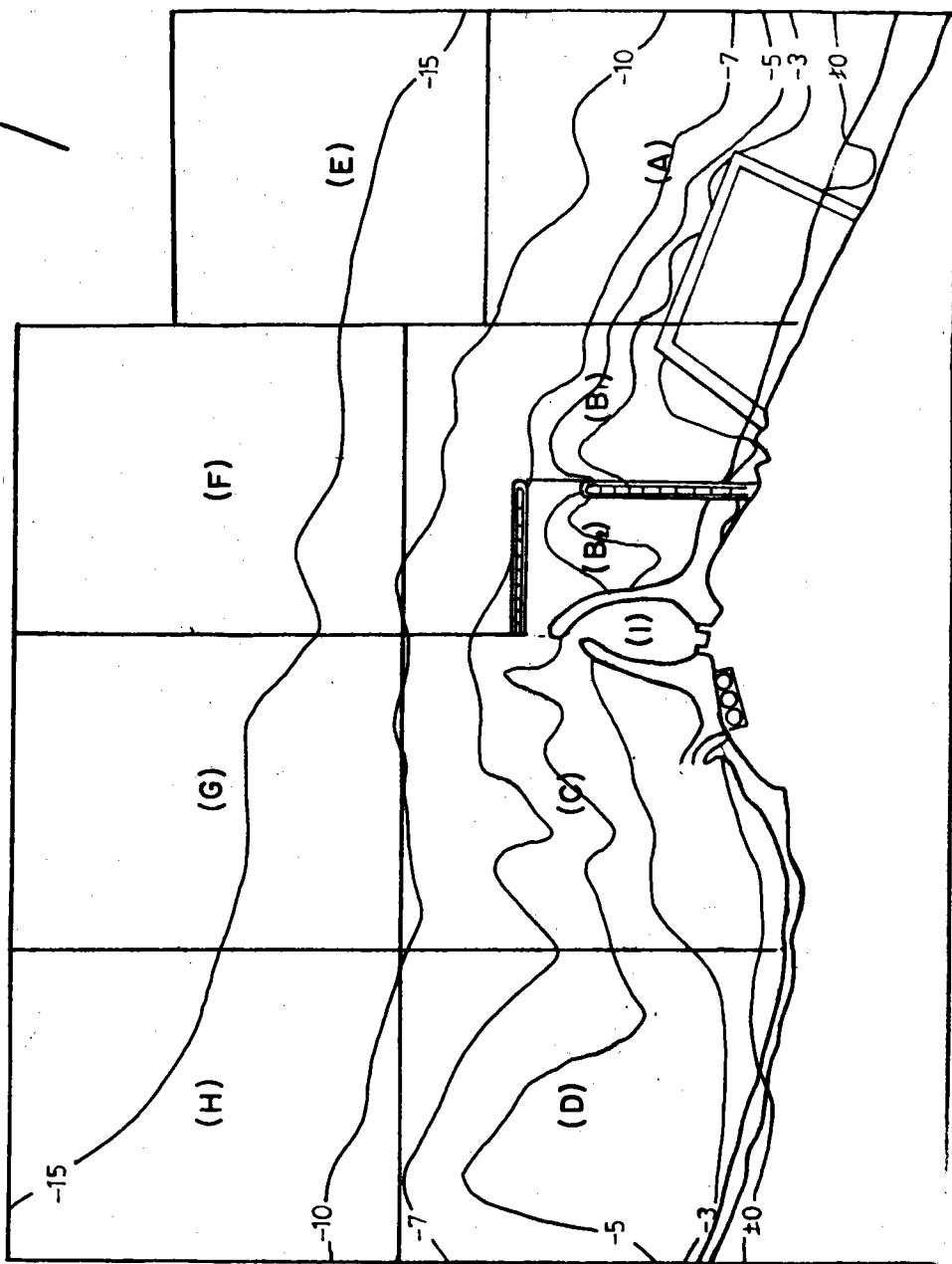


圖 4.40 主試驗IV，波浪作用 6 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號：主試驗IV
 造波時間：7 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 周期：12 sec.
 向位：NNE
 高低潮位變化：2 θ/min.
 率準點：基準點
 測量基準尺：1/20,000
 比例尺

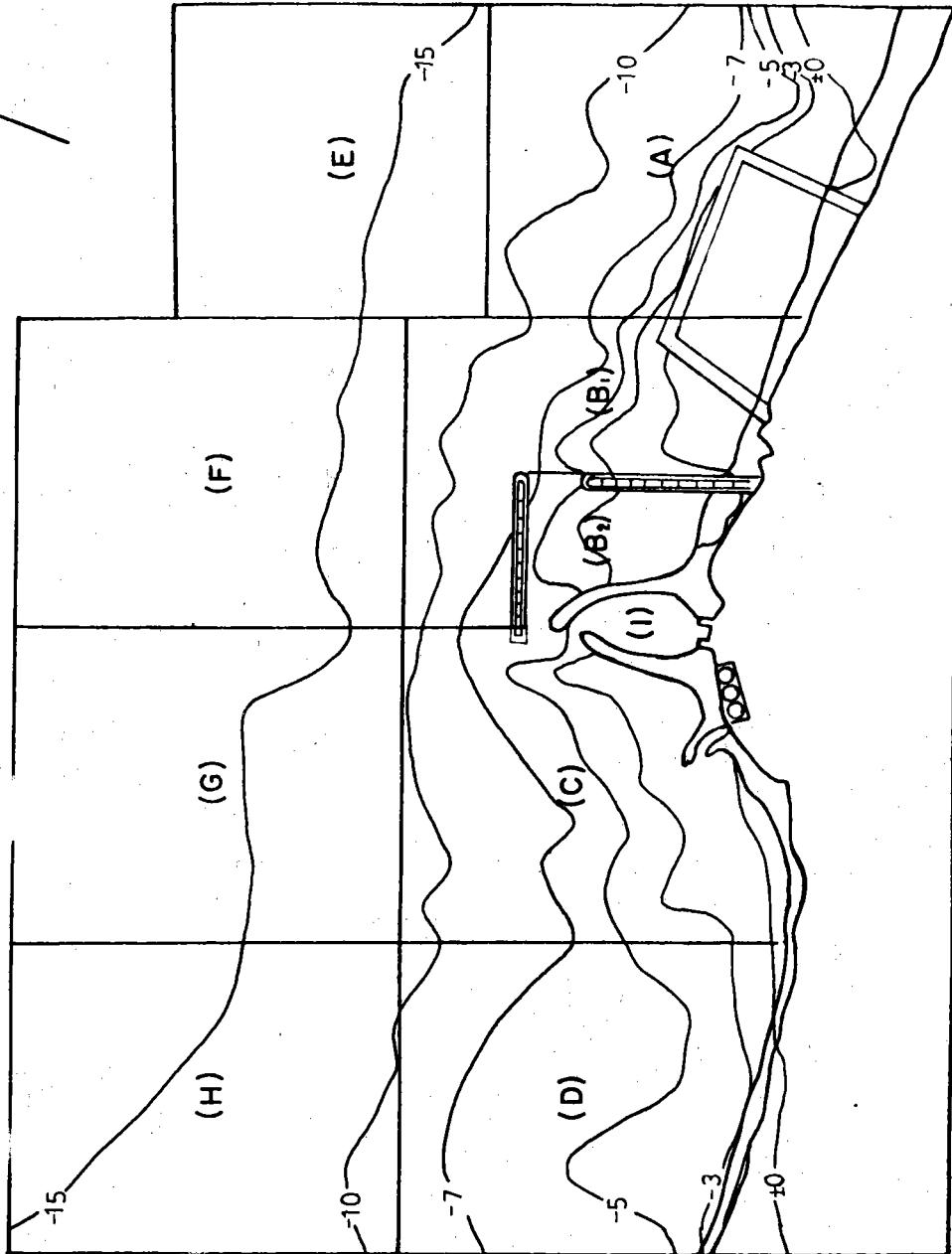


圖 4.41 主試驗IV，波浪作用 7 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
A
T

編號 : 主試驗IV
 造波時間 : 8 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 方向 : NNE
 低潮位變化 : 高低潮位變化
 率 : 2 l/min.
 準點 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

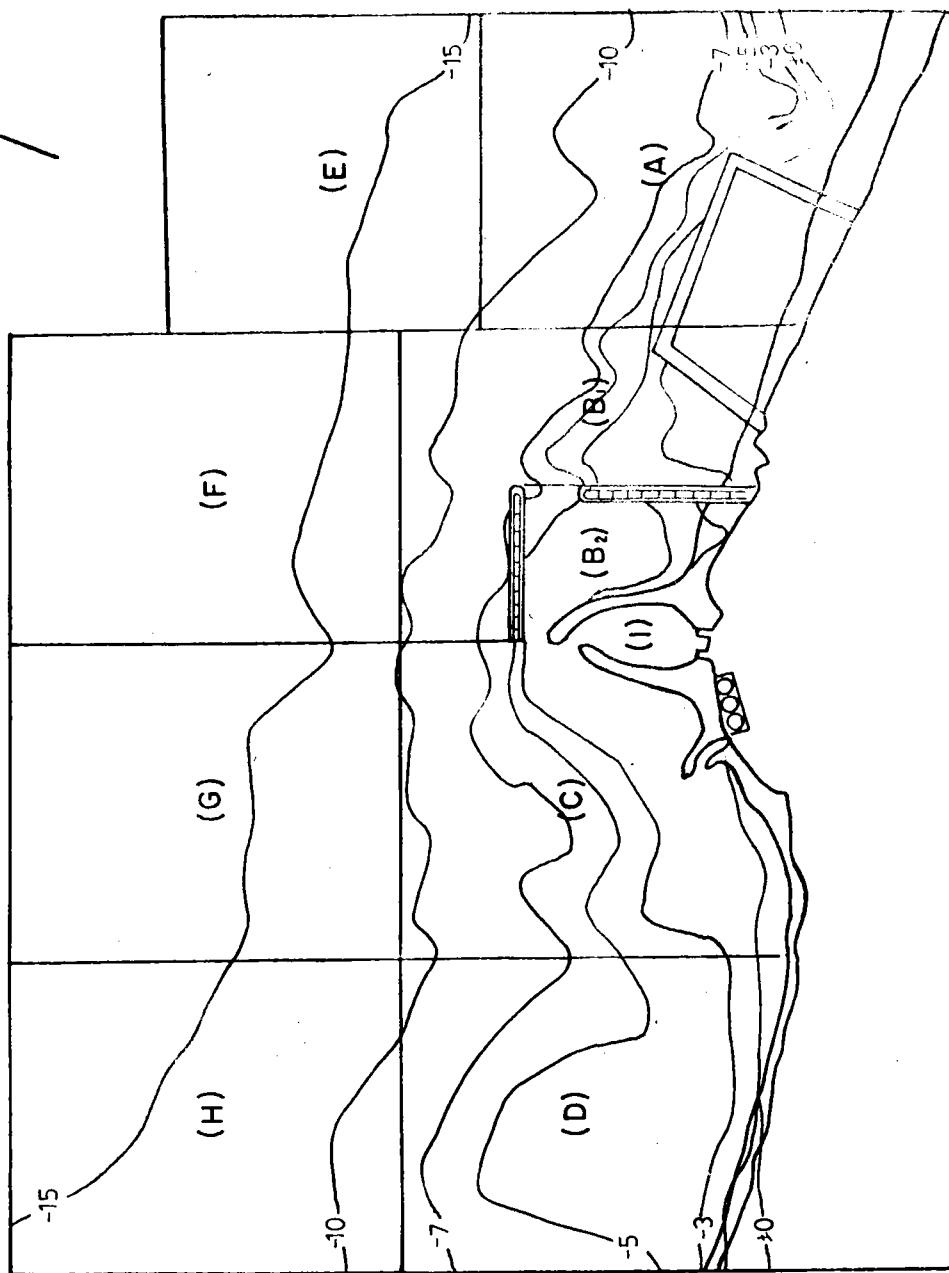


圖 4.42 主試驗IV，波浪作用 8 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號：主試驗IV
 造波時間：9 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 向位：NNE
 高低潮位變化：2 l/min.
 基準點：基準點
 測量基準尺：1/20,000
 比例尺

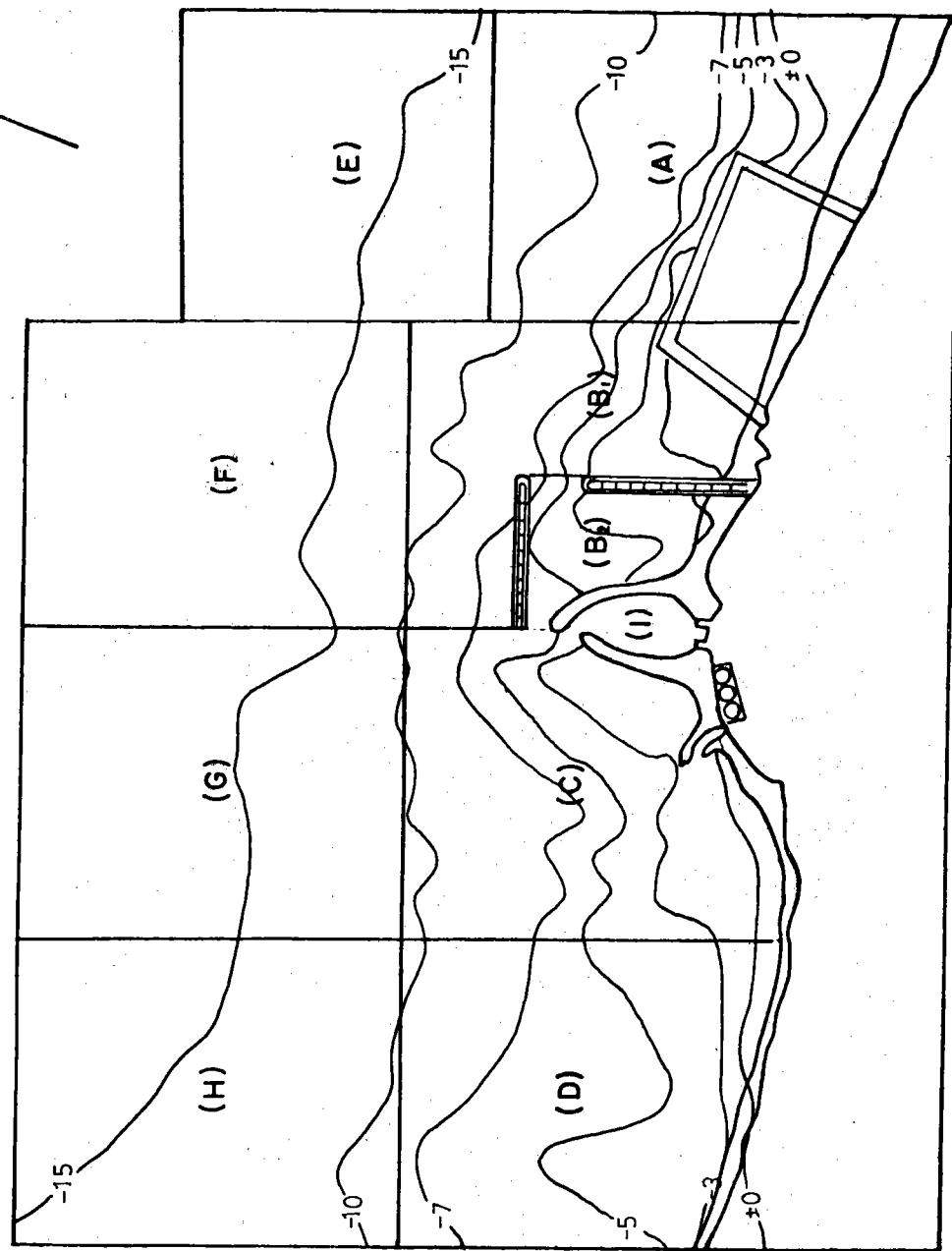


圖 4.43 主試驗IV，波浪作用 9 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
+

編號 號 號
造波時間 : 10 hr
初期地形 高期方位 : 72.6.10
波浪周期 : 4 m.
加潮率 : 12 sec.
高低潮位變化 : NNE
測量基準點 : 2 ft/min.
沙量測量基準尺 : 基準點
比例尺 : 1/20,000

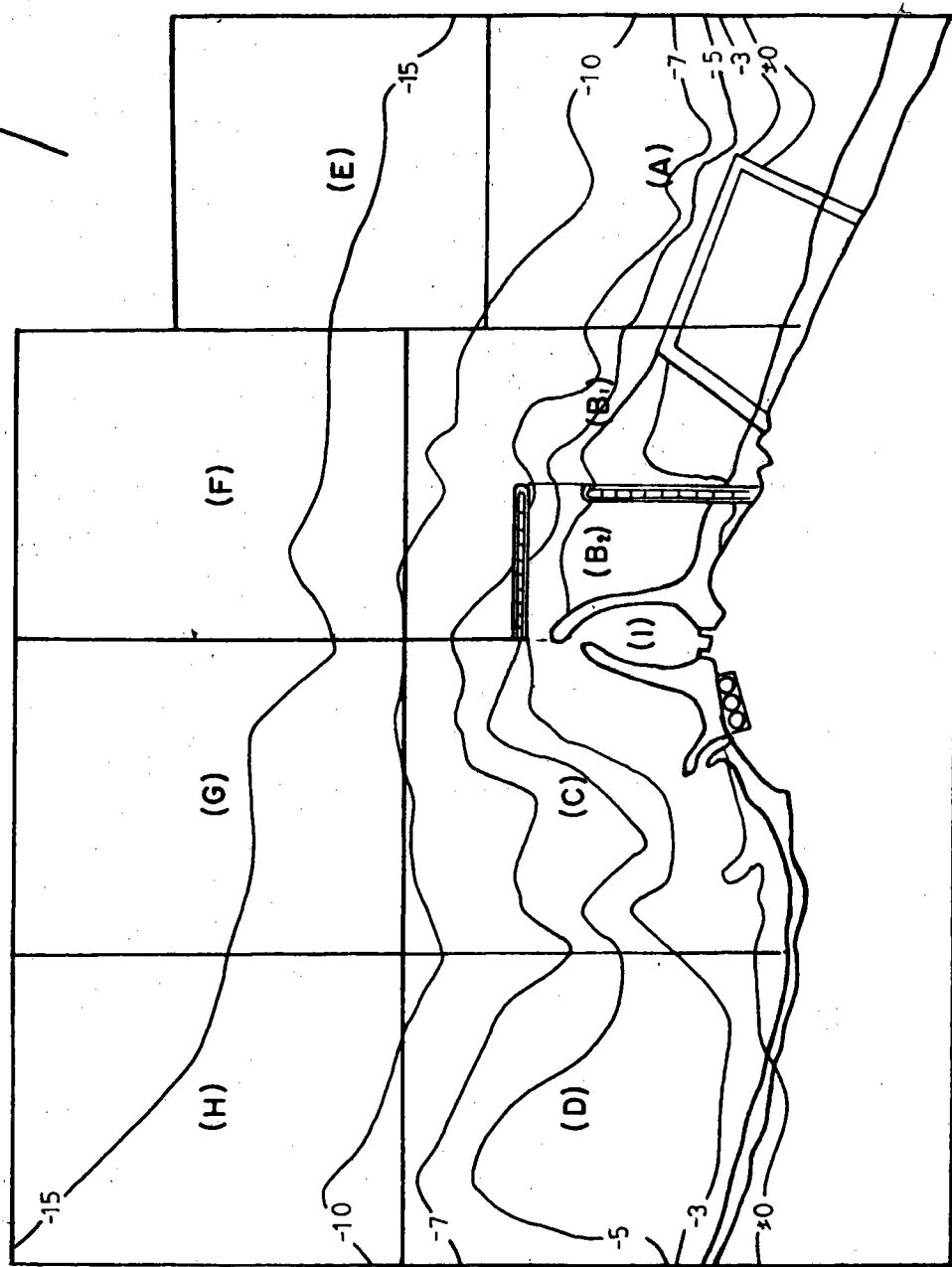


圖 4.44 主試驗IV，波浪作用10小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 IV
 造波時間 : 11 hr
 初期地形高 : 72.610
 波週期 : 12 sec.
 潮向 : NNE
 高低潮位變化 : 2 l/min.
 加測量基準點 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

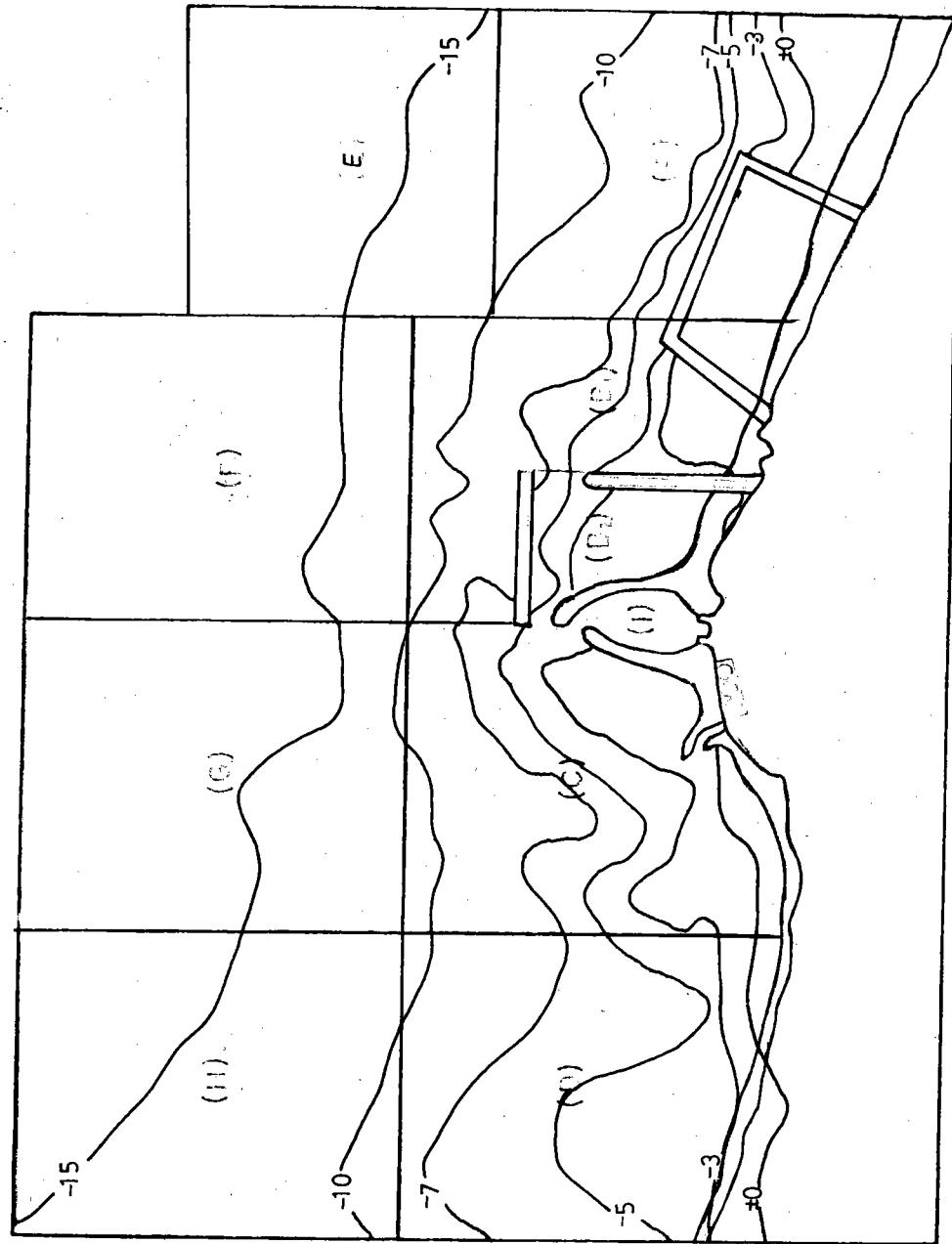


圖 4.45 主試驗IV，波浪作用11小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號：主試驗IV
 造波時間：12 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 方向：12 sec.
 NNE
 高低潮位變化率：2 l/min.
 基準點：基準點
 加量基尺：1/20,000

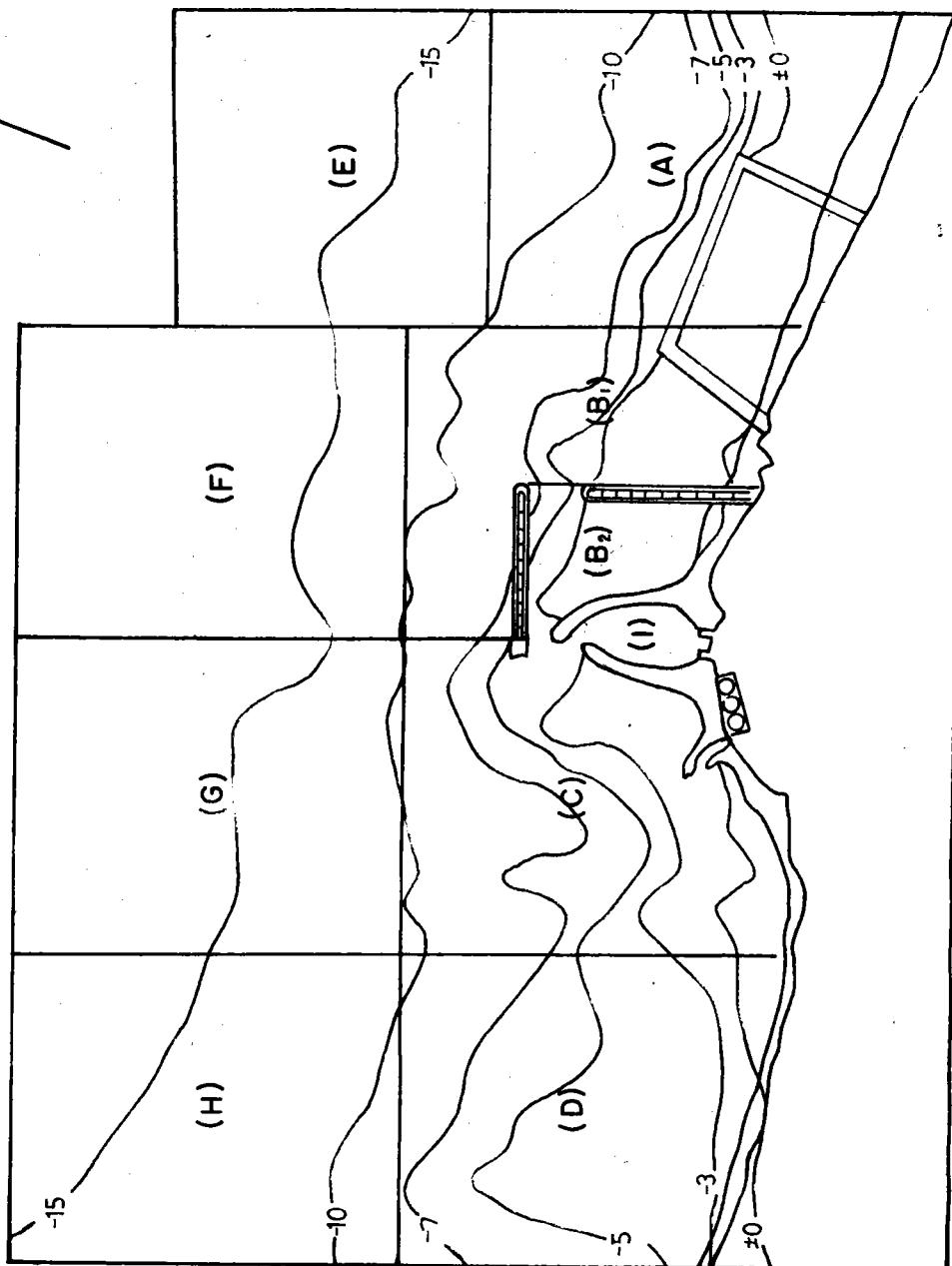


圖 4.46 主試驗IV，波浪作用 12 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
A

編號：主試驗 IV
 造波時間：13 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 周期：12 sec.
 方向：NNE
 高低潮位變化
 準點：2 l/min.
 沙基量測樹比

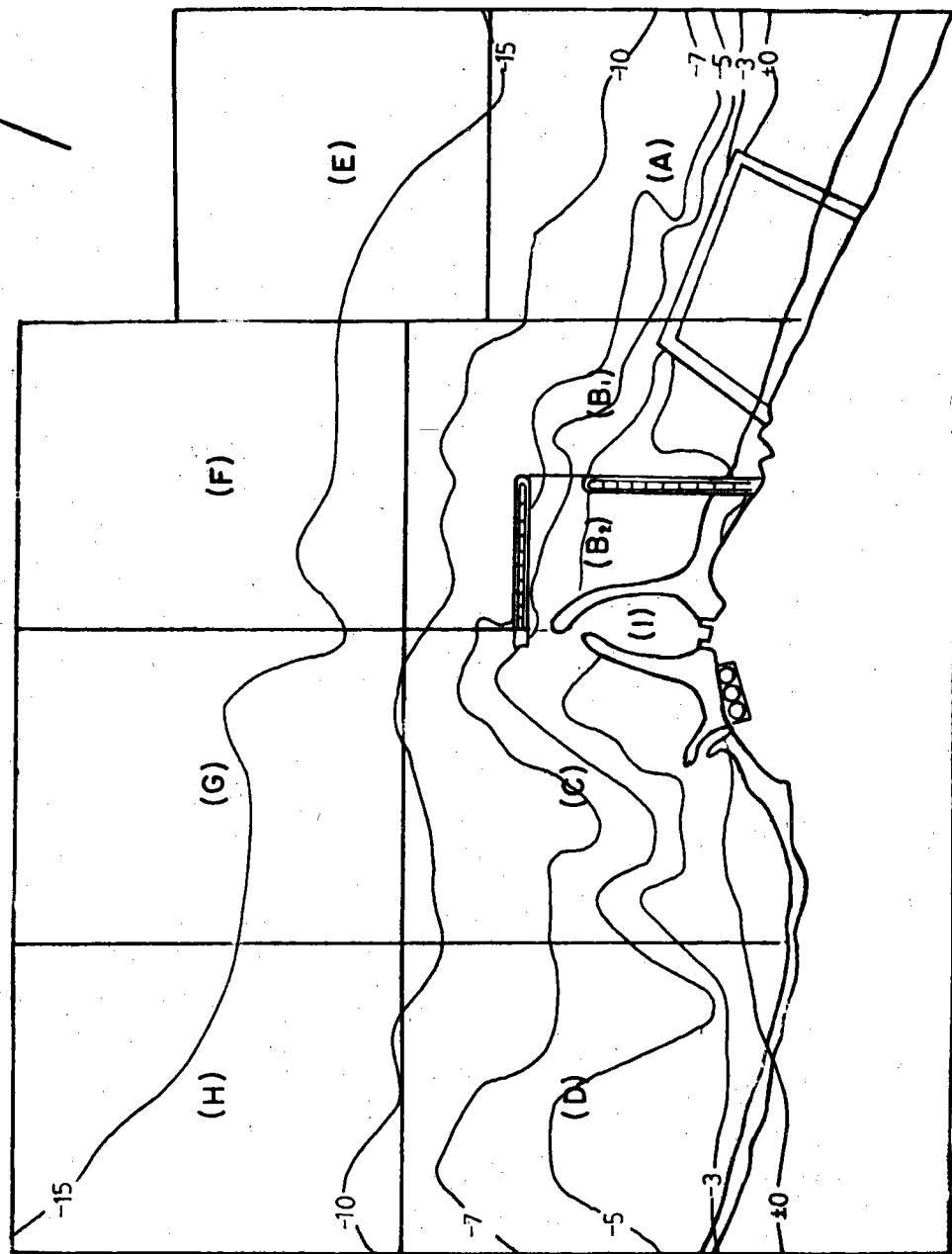


圖 4.47 主試驗IV，波浪作用13小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
A

編號	： 主試驗 IV
造波時間	： 14 hr
初期地形	： 72.6.10
波高	： 4 m.
週期	： 12 sec.
流向	： NNE
潮流	： 高低潮位變化
加速度	： 2 $\ell/min.$
沙量	： 基準點
測量基點	： 1/20,000

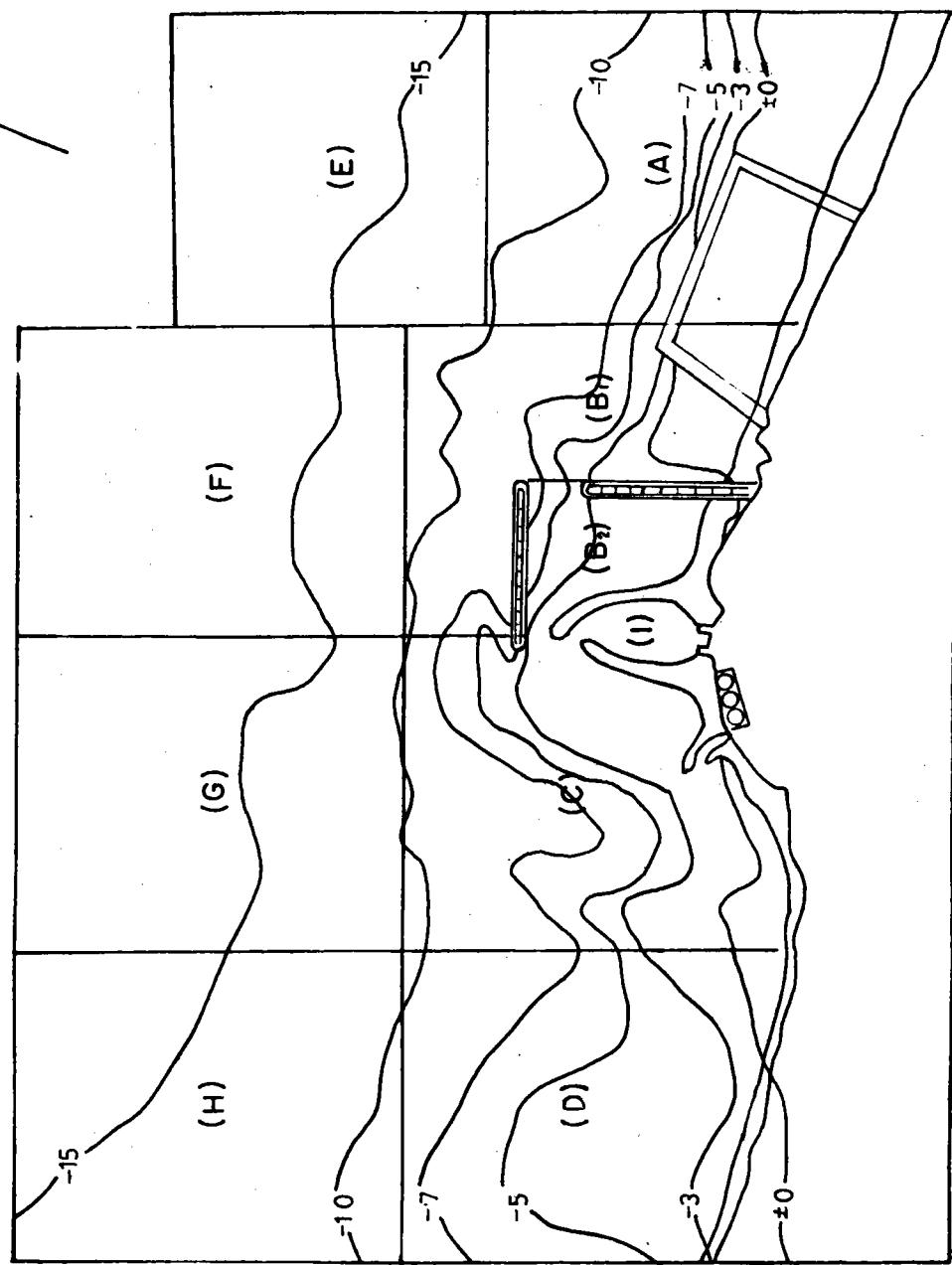
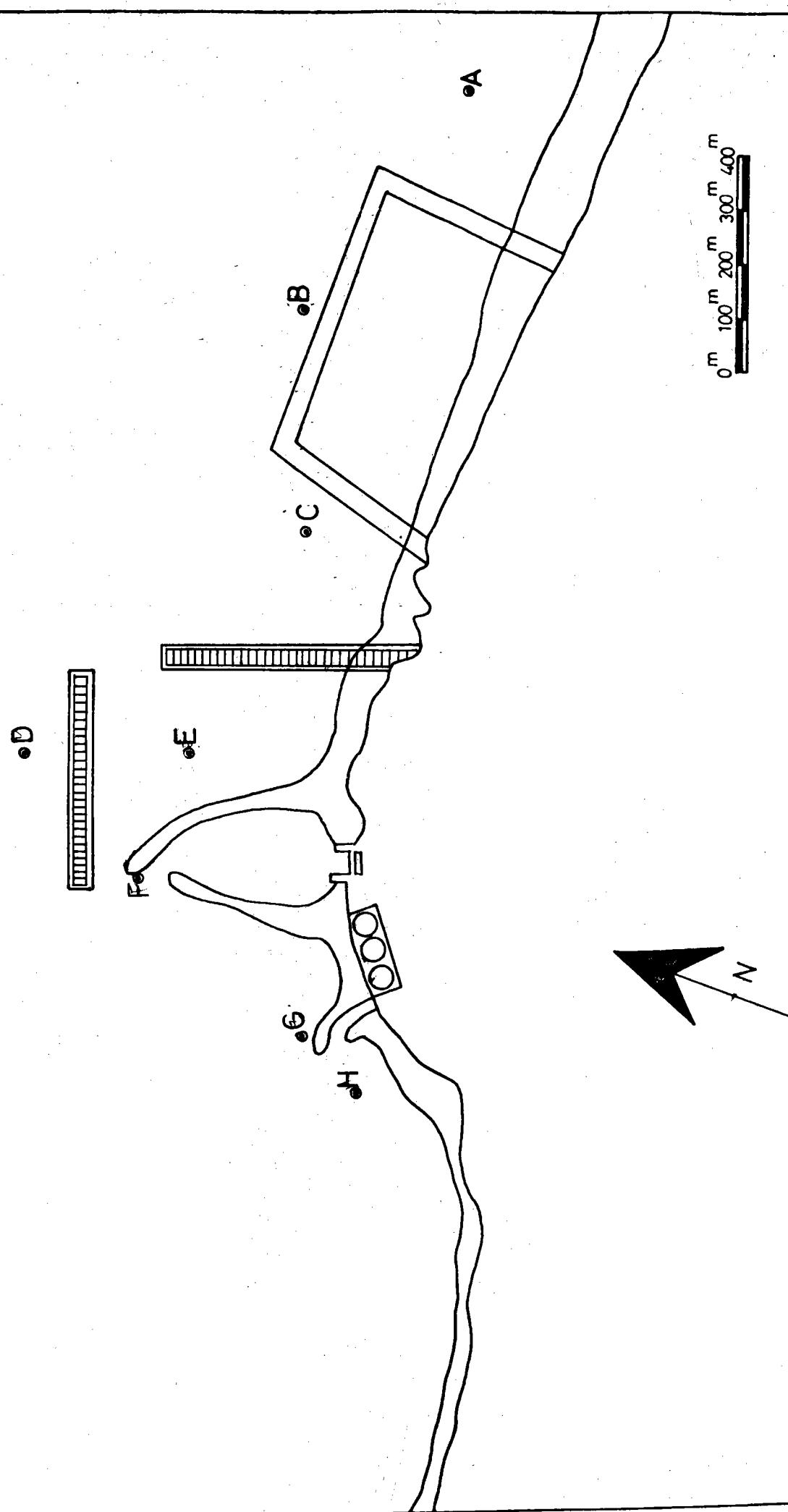


圖 4.48 主試驗 IV，波浪作用 14 小時後之地形

圖 4.49 主試驗IV，各水深逐時變化代表點相關位置圖



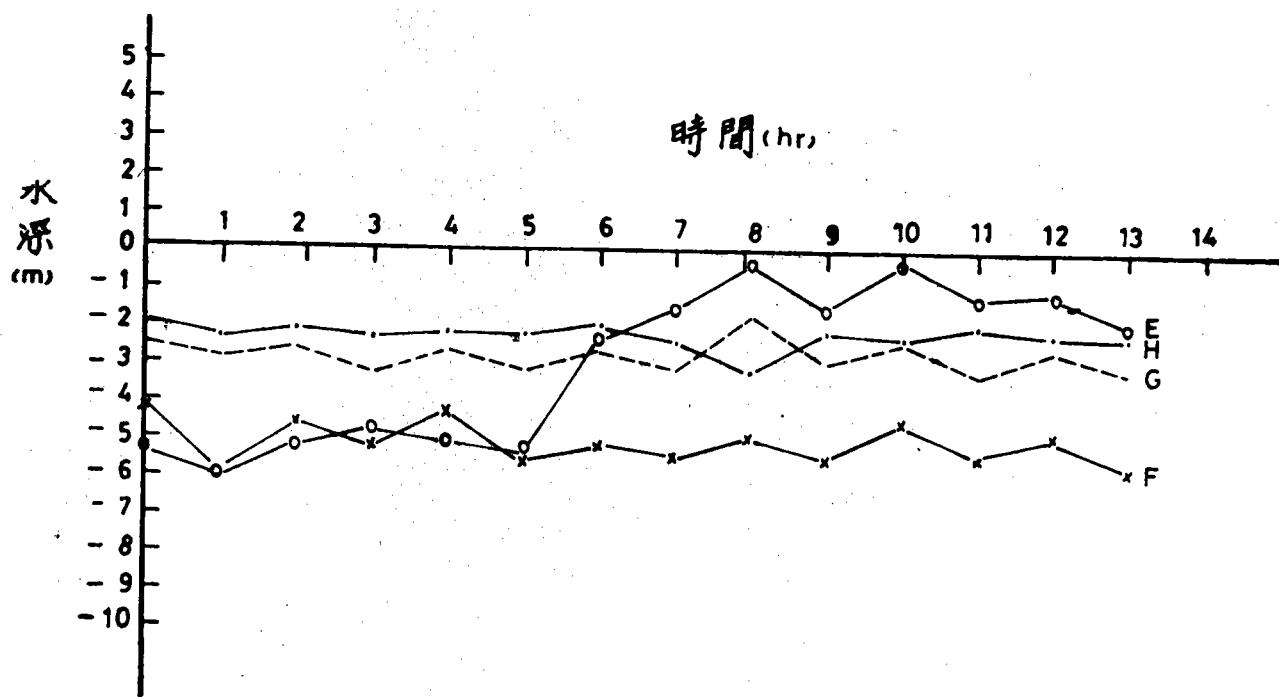
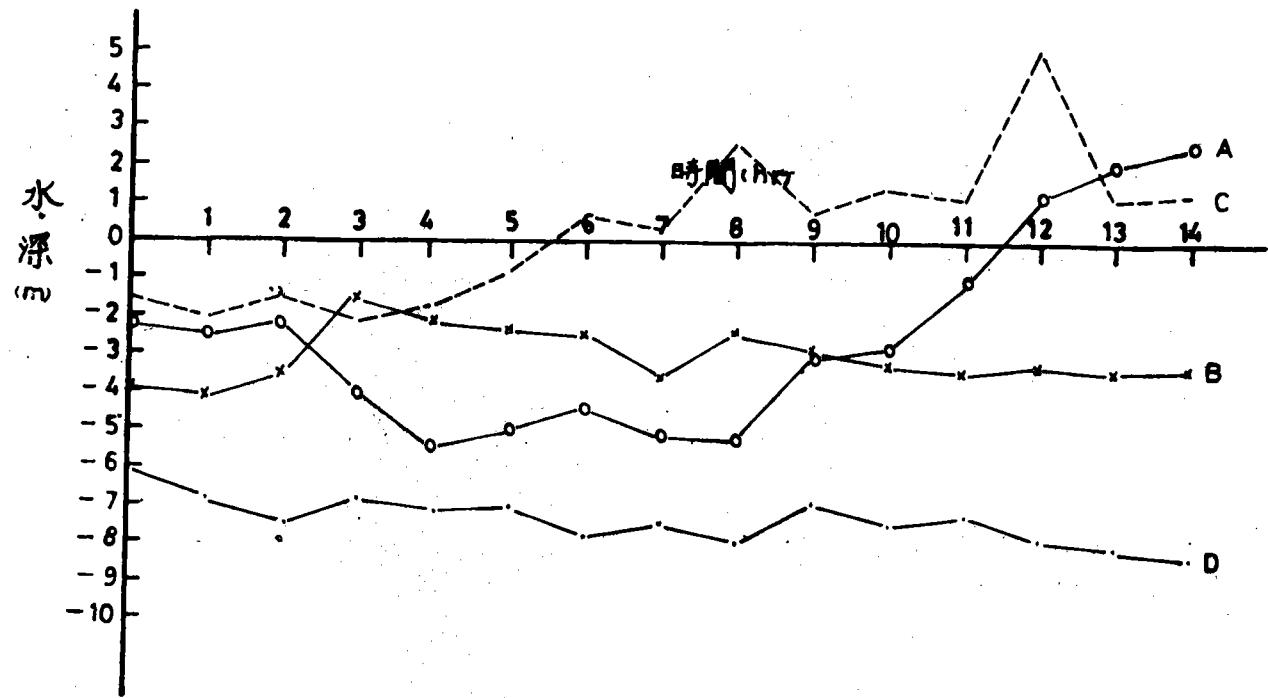


圖 4.50 主試驗IV，各代表點水深逐時變化圖

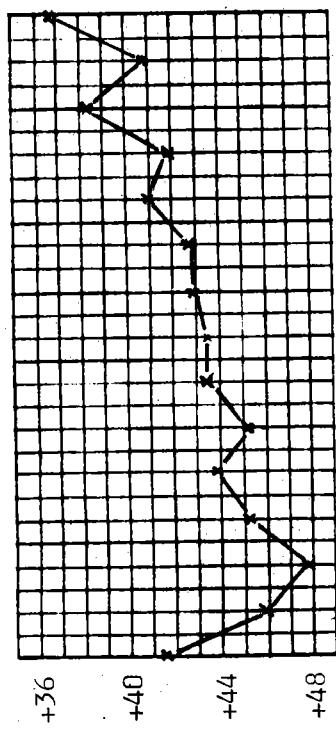


圖 4.51 主試驗IV，A區土方變化圖

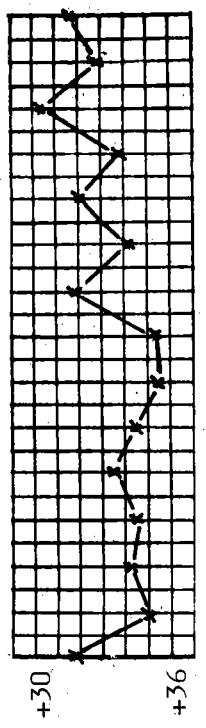


圖 4.54 主試驗IV，C區土方變化圖

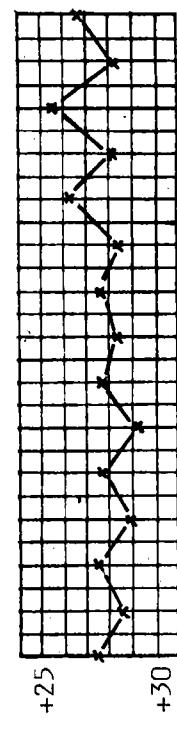


圖 4.52 主試驗IV，B₁區土方變化圖

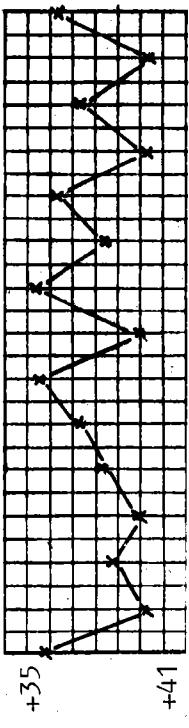


圖 4.55 主試驗IV，C區土方變化圖

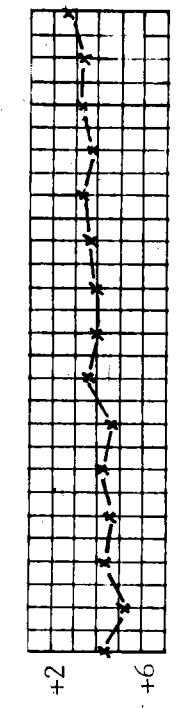


圖 4.53 主試驗IV，B₂區土方變化圖

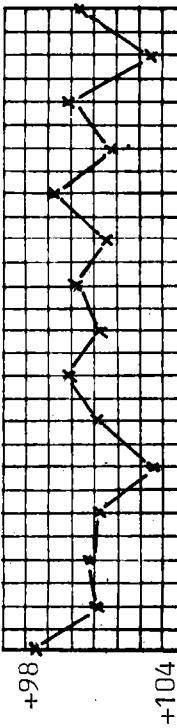


圖 4.56 主試驗IV，E區土方變化圖

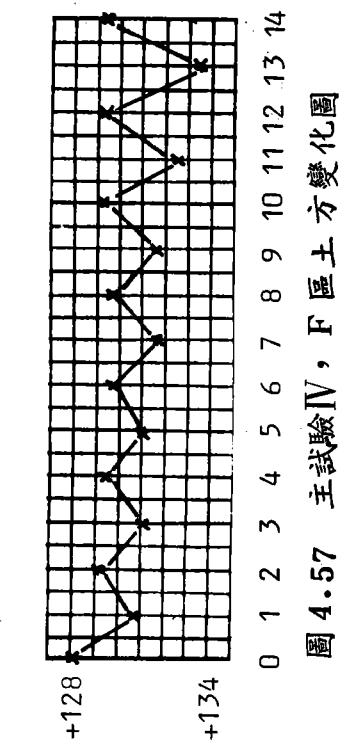


圖 4.57 主試驗IV，F 區土方變化圖

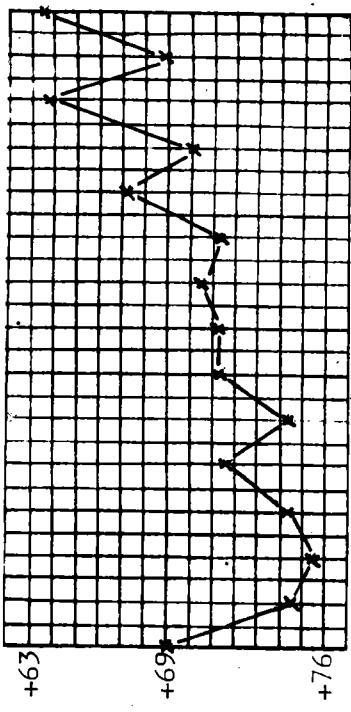


圖 4.58 主試驗IV，G 區土方變化圖

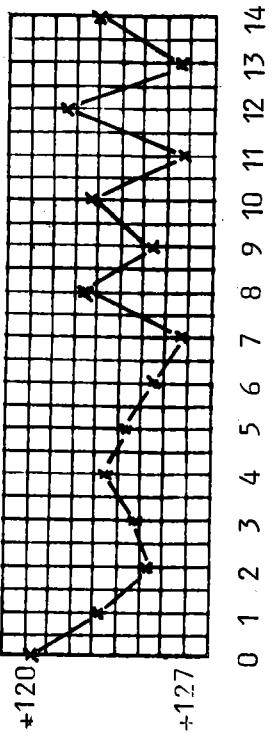


圖 4.59 主試驗IV，I 區土方變化圖

圖 4.60 主試驗IV，A + B₁ 區土方變化圖

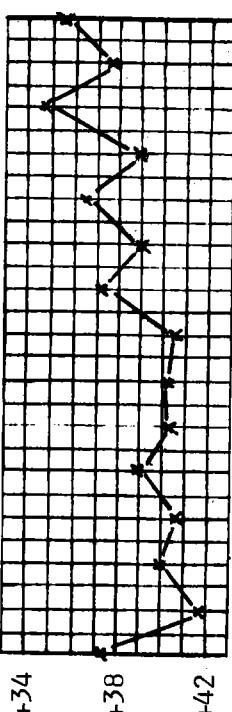
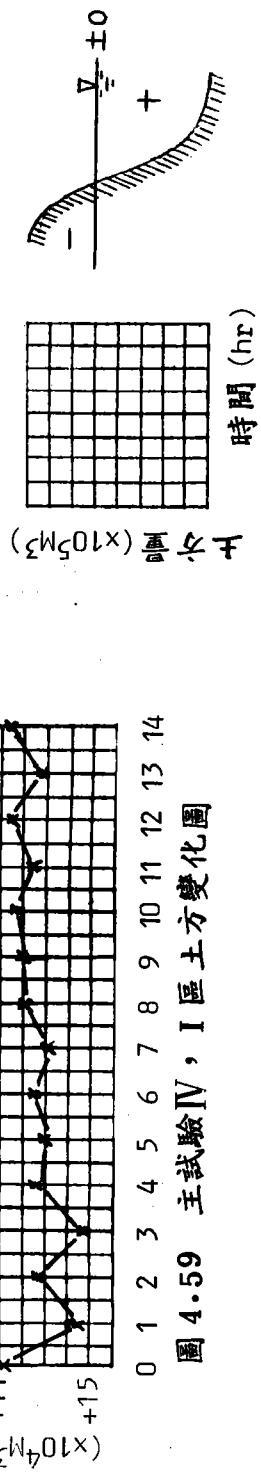
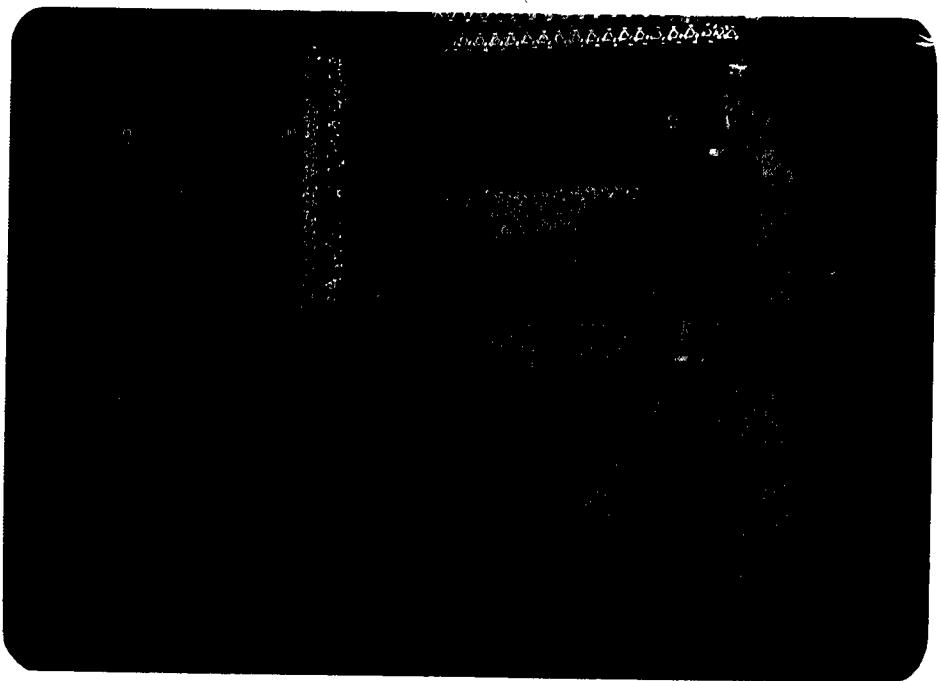
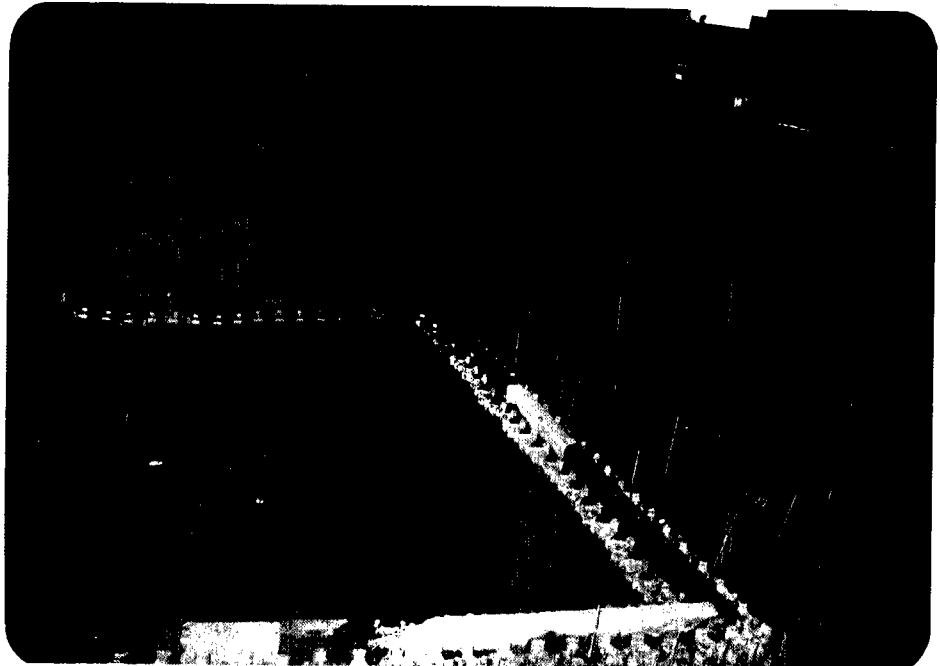


圖 4.61 主試驗IV，B₂ + C + I 區土方變化圖

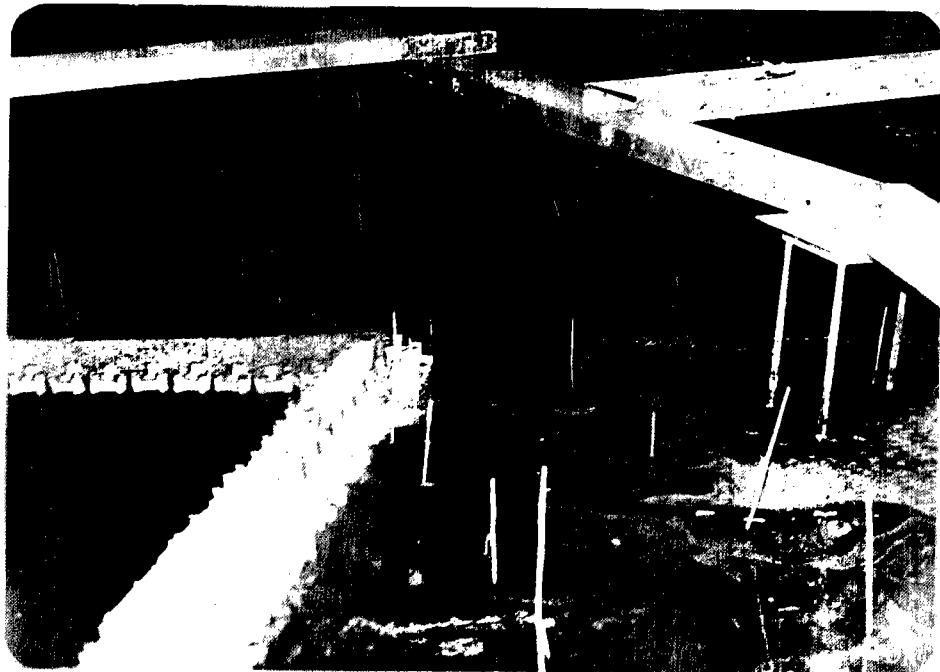




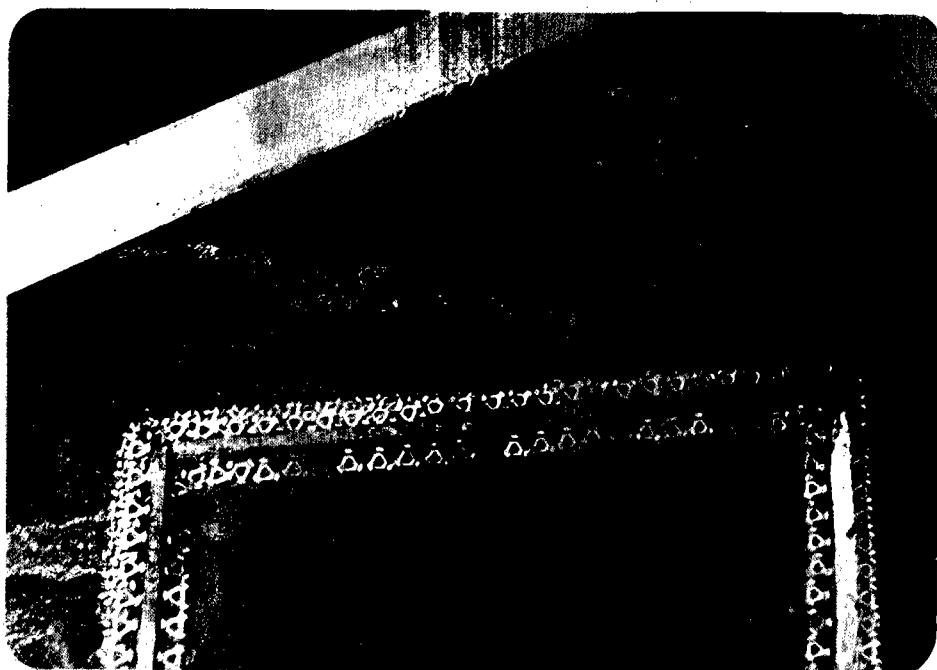
照片 5 主試驗 IV , 造波前之初期地形



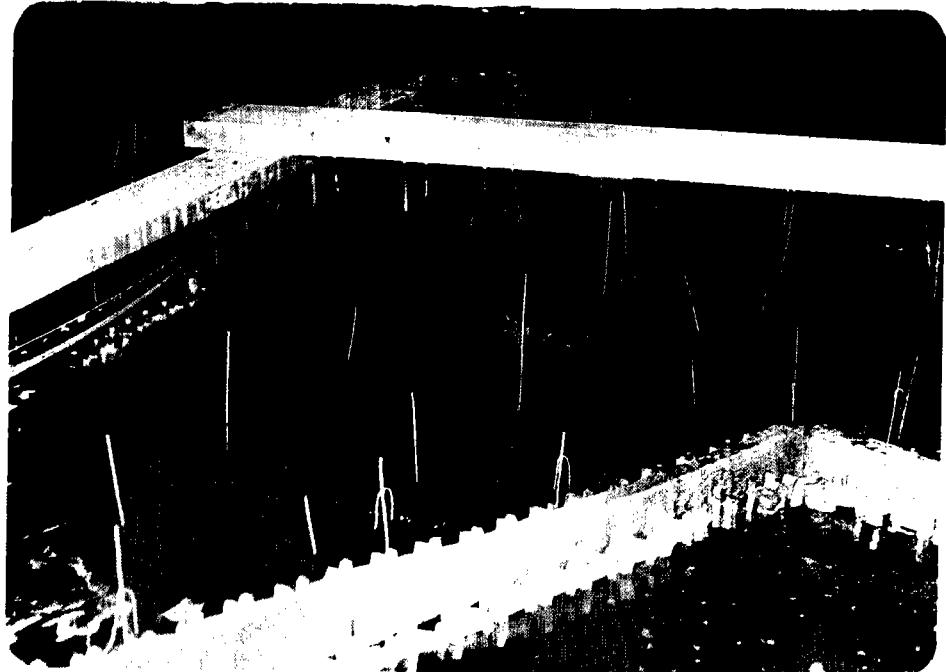
照片 6 主試驗 IV , 造波前之初期地形



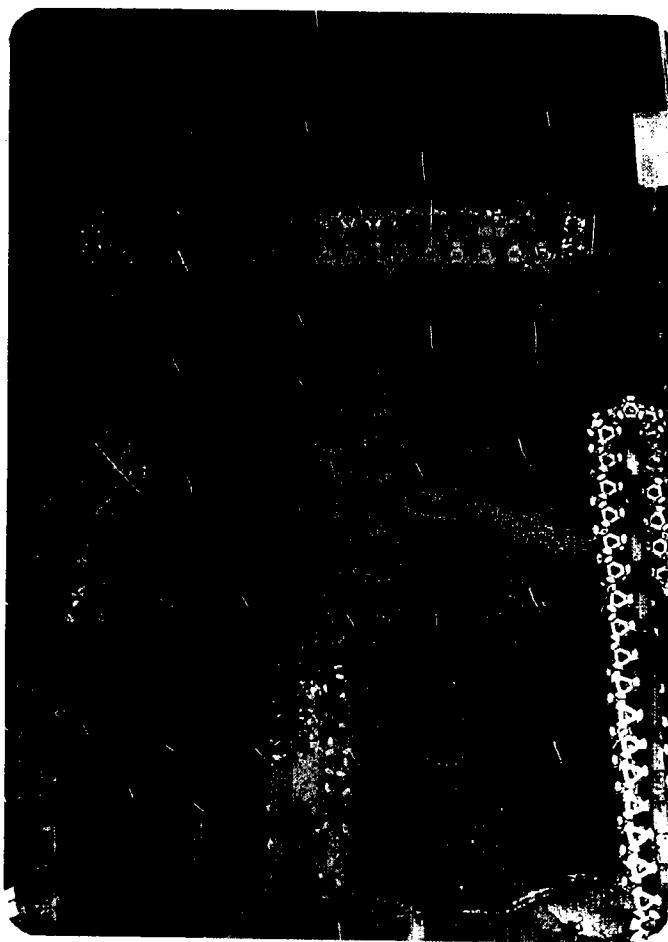
照片 7 主試驗 IV , 造波第 14 小時煤灰塘右側淤沙情形



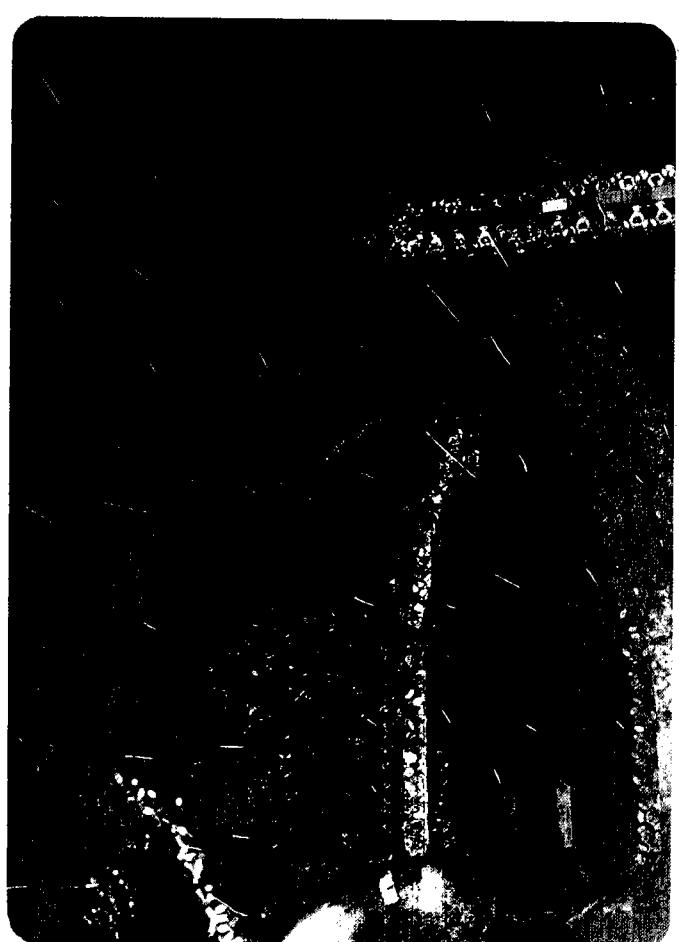
照片 8 主試驗 IV , 造波第 14 小時煤灰塘外側淤沙情形



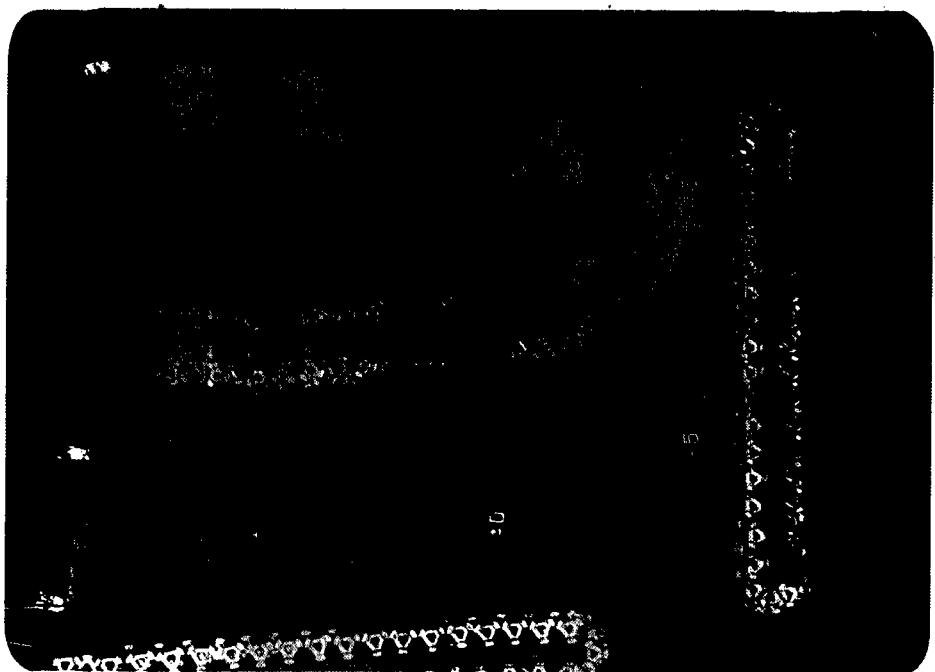
照片 9 主試驗 IV，造波第 14 小時煤灰塘左側淤沙情形



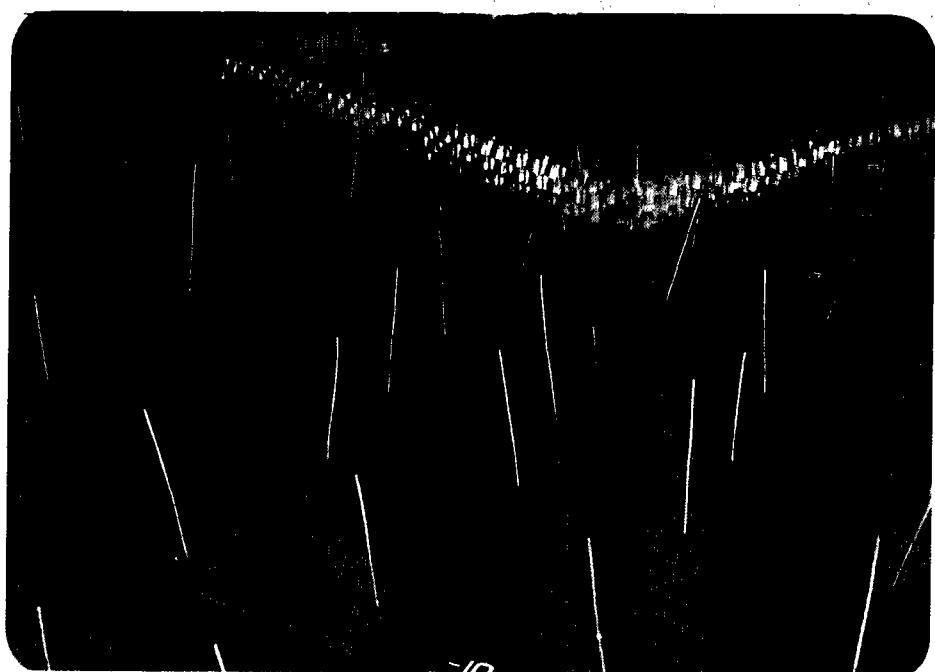
照片 10 主試驗 IV，造波第 14 小時
波浪繞射與淤沙情形



照片 11 主試驗 IV，造波第 14 小時
波浪繞射與進水口受遮蔽情形



照片 12 主試驗 IV，造波 14 小時後，進水口附近之地形



照片 13 主試驗 IV，造波 14 小時後，煤灰塘附近之地形

3. 對策佈置 V：根據前述幾個對策佈置以佈置 IV 效果較佳，但其缺點為，灰塘、離岸堤均和波向線成一夾角，造成波浪沿岸分量，易於輸沙，故本對策即將佈置 IV 修改灰塘及離岸堤與波向線垂直，以減少沿岸波能量，並可反射部份的入射波，其佈置如照片 14, 15 與圖 4.62 所示。

根據試驗經過及結果顯示，當波浪作用時，預期之效果出現，沿岸波能量減少，且出現反射現象，漂沙仍由離岸堤與突堤之間的缺口進入 B_2 區內，而淤積於此，當造波 1 小時後，灰塘右側已略呈圓弧狀之堆積，離岸堤之後， B_2 區內已有不少淤沙。

當造波 3 小時後，灰塘左右兩側之積沙均在成長中，而 B_2 區內之淤沙亦逐漸向進水口右堤前進，而進出水口之間則稍有堆積，故將出水口右堤延伸 360 m ，約至水深 -5 m 處，一方面做為防沙堤，以免上游淤沙侵入，另一方面做為熱水排放時之導流堤，將熱水導往下游較深處，以減少熱水回流（其佈置如圖 4.67 所示）。當此堤加入後，堤頭處可看見逐漸淤沙，由於離出水口甚遠，故並不影響出水口。

當造波時間累積至 10 小時後，灰塘右側已為上游來沙所淤滿，漂沙沿灰塘堤身向下游輸送，灰塘左右兩側均淤沙，且其坡度甚陡，而 B_2 區內淤沙更多，已將突堤和進水口堤相連，至於進水口則無淤沙，且其左前方淤沙亦甚少，顯示此對策佈置又較佈置 IV 好。其進水口堆積的形態如照片 16、17 所示，在這幾種對策佈置之中 -15 m 水深線幾乎不變，此與沙連（Sand Ripple）出現的界限相一致，即本試驗中 -15 m 以深之水深，其海底質即不移動。

試驗過程中，每小時地形如圖 4.63~4.73 所示。

主試驗V，各水深逐時變化代表點之相關位置如圖4.74所示。

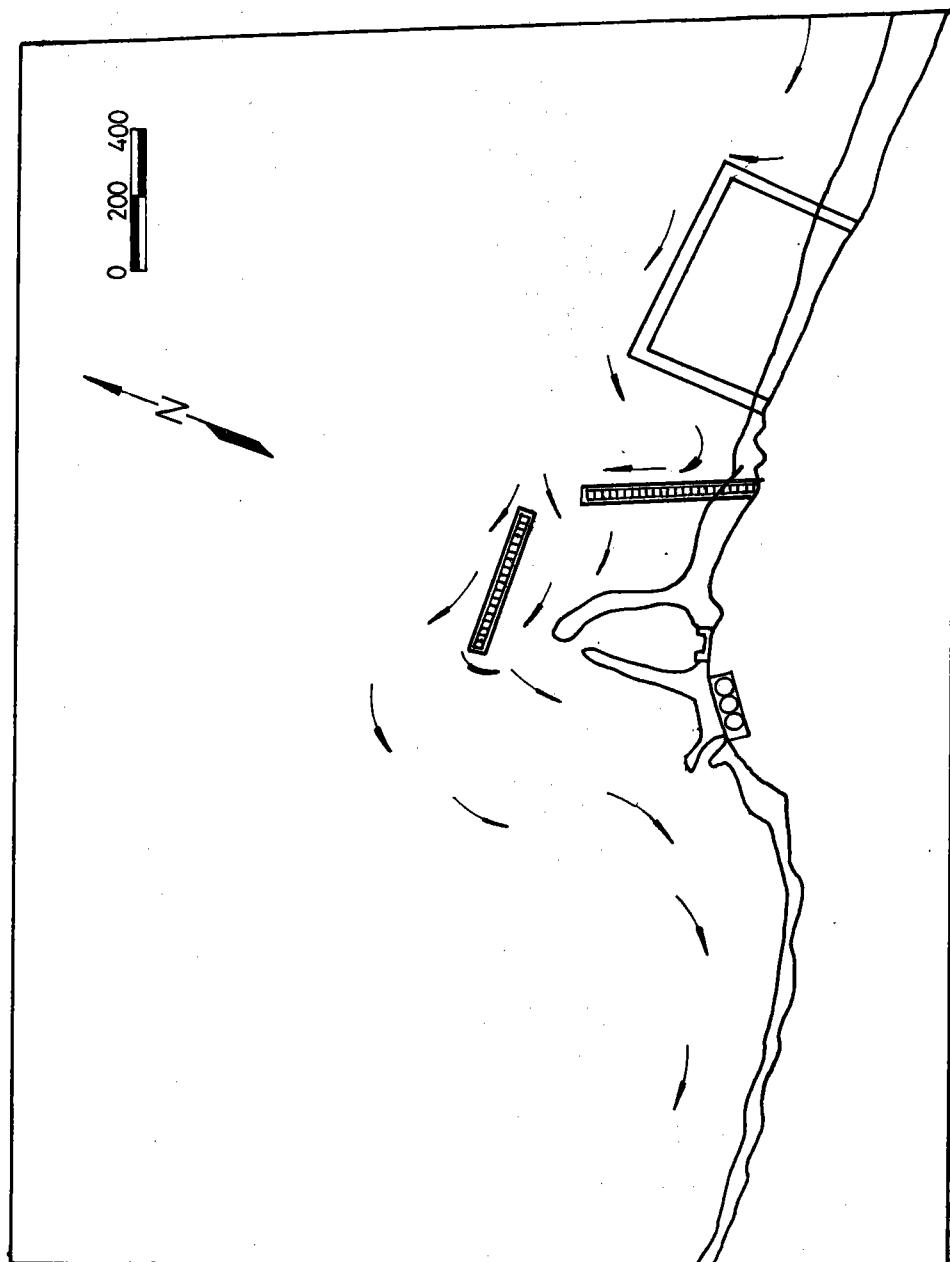
主試驗V，各代表點水深逐時變化如圖4.75所示。

試驗過程中，各區土方變化如圖4.76~4.86所示。

主試驗V，造波前之地形與佈置，如照片14,15所示。

主試驗V，造波10小時後之地形，如照片16,17所示。

圖 4.62 主試驗 V，堤防佈置與流況分佈圖



林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號：主試驗V
 造波時間：0 hr
 初期地形高：72.610
 波週期：4 m.
 波向：NNE
 高低潮位變化率： 2 ft/min.
 準點基準：基準點
 潮汐加測量基比尺：1/20,000
 波比例尺

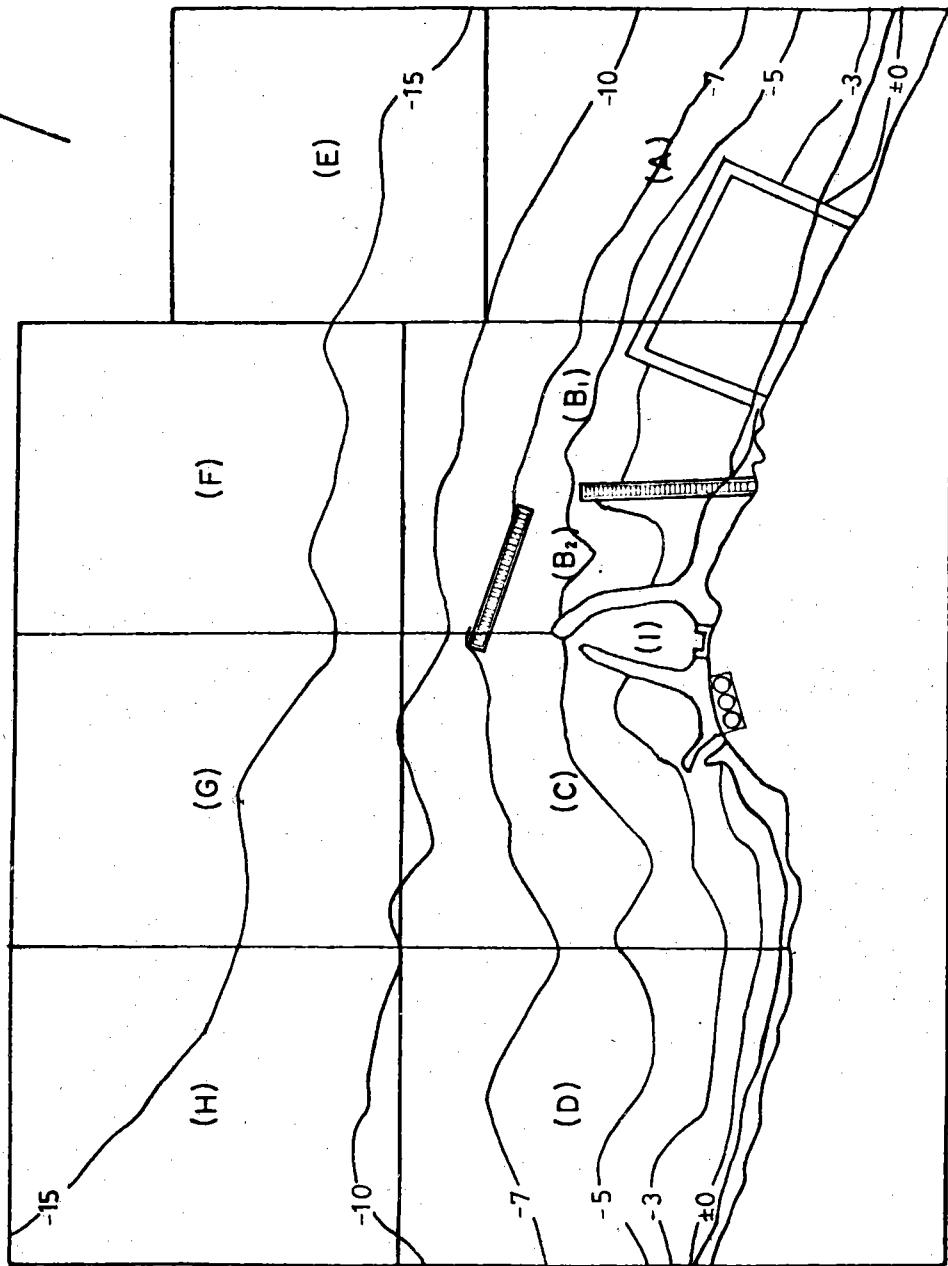


圖 4.63 主試驗 V，造波前之初期地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

號編 : 主試驗 V
 造波時間 : 1 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波週期 : 4 m.
 方向 : 12 sec.
 週期 : NNE
 海底潮位變化 : 2 l/min.
 加沙量 : 基準點
 測量基準 : 1/20,000
 比例尺

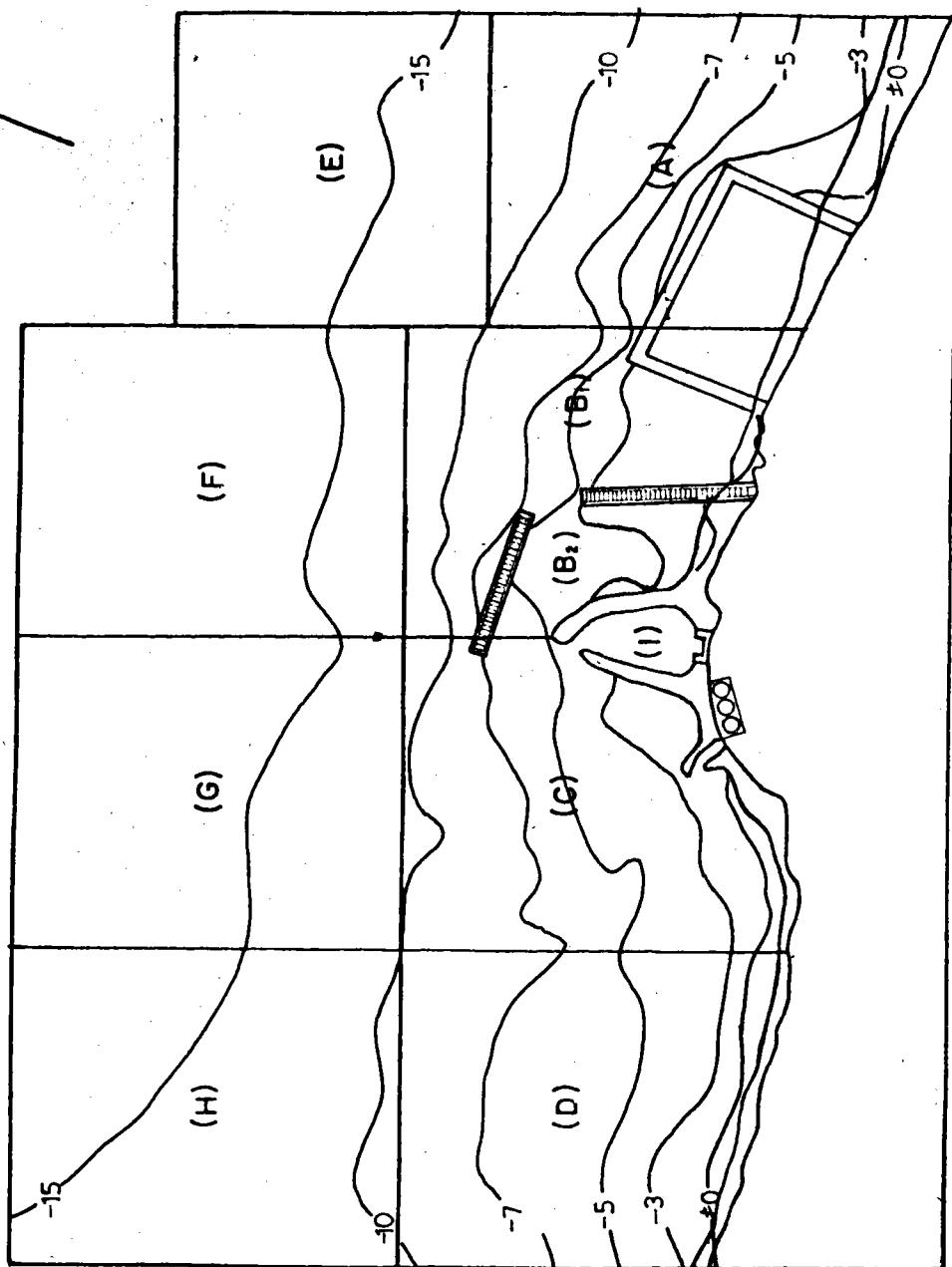


圖 4.64 主試驗 V，造波 1 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號 : 主試驗 V
 造波時間 : 2 hr
 初期地形高 : 72.6.10
 波週期 : 4 m.
 波速 : 12 sec.
 向位 : NNE
 高低潮位變化 : 2 ft/min.
 沙測量基準點 : 基準點
 漂沙測量基準尺 : 1/20,000
 比例尺

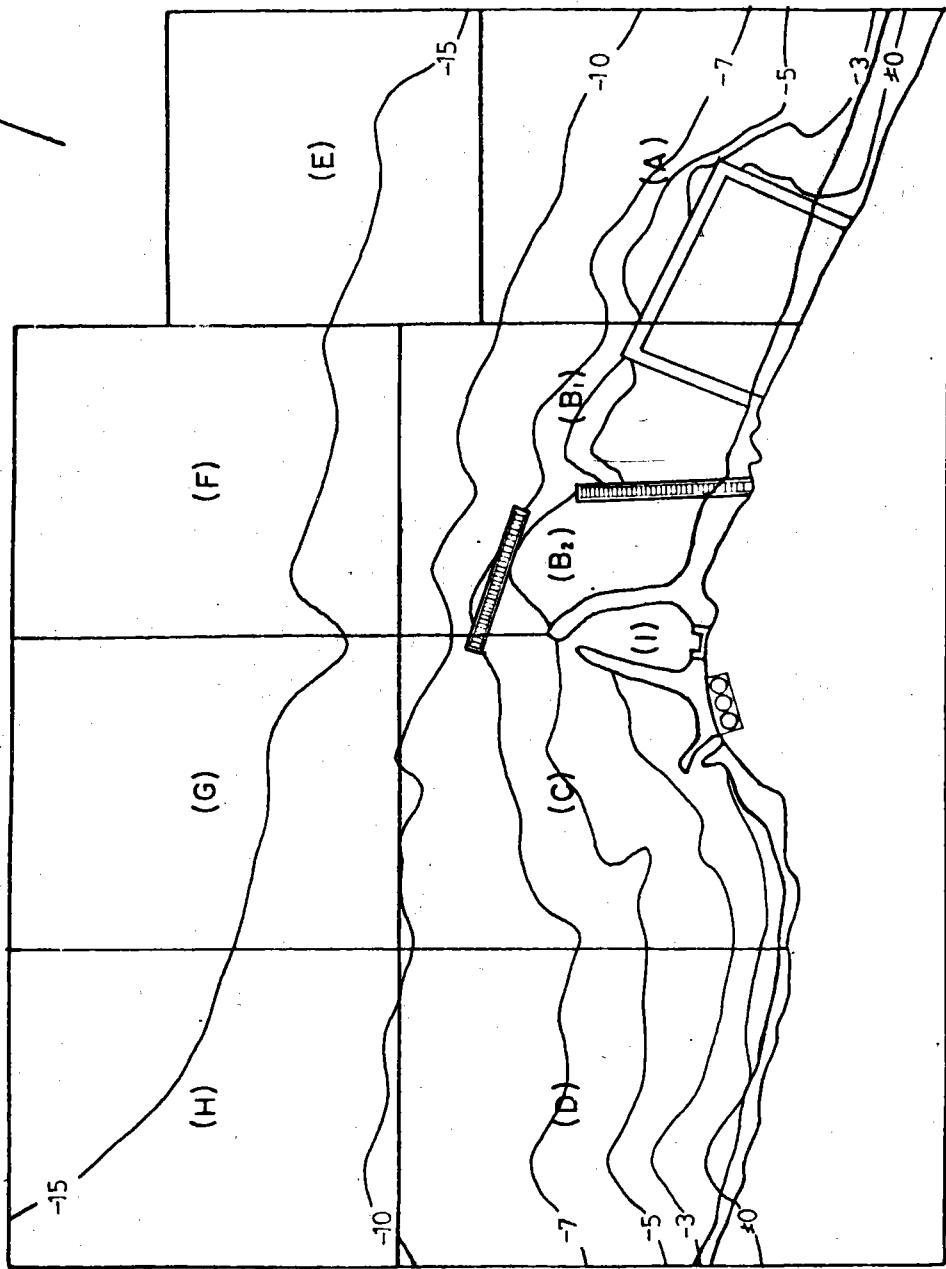


圖 4.65 主試驗 V，造波 2 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
A

編號 : 主試驗 V
 造波時間 : 3 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波浪週期 : 4 m.
 波速 : 12 sec.
 高低潮位變化 : NNE
 潮汐沙量基準點 : 2 l/min.
 測量基準點 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

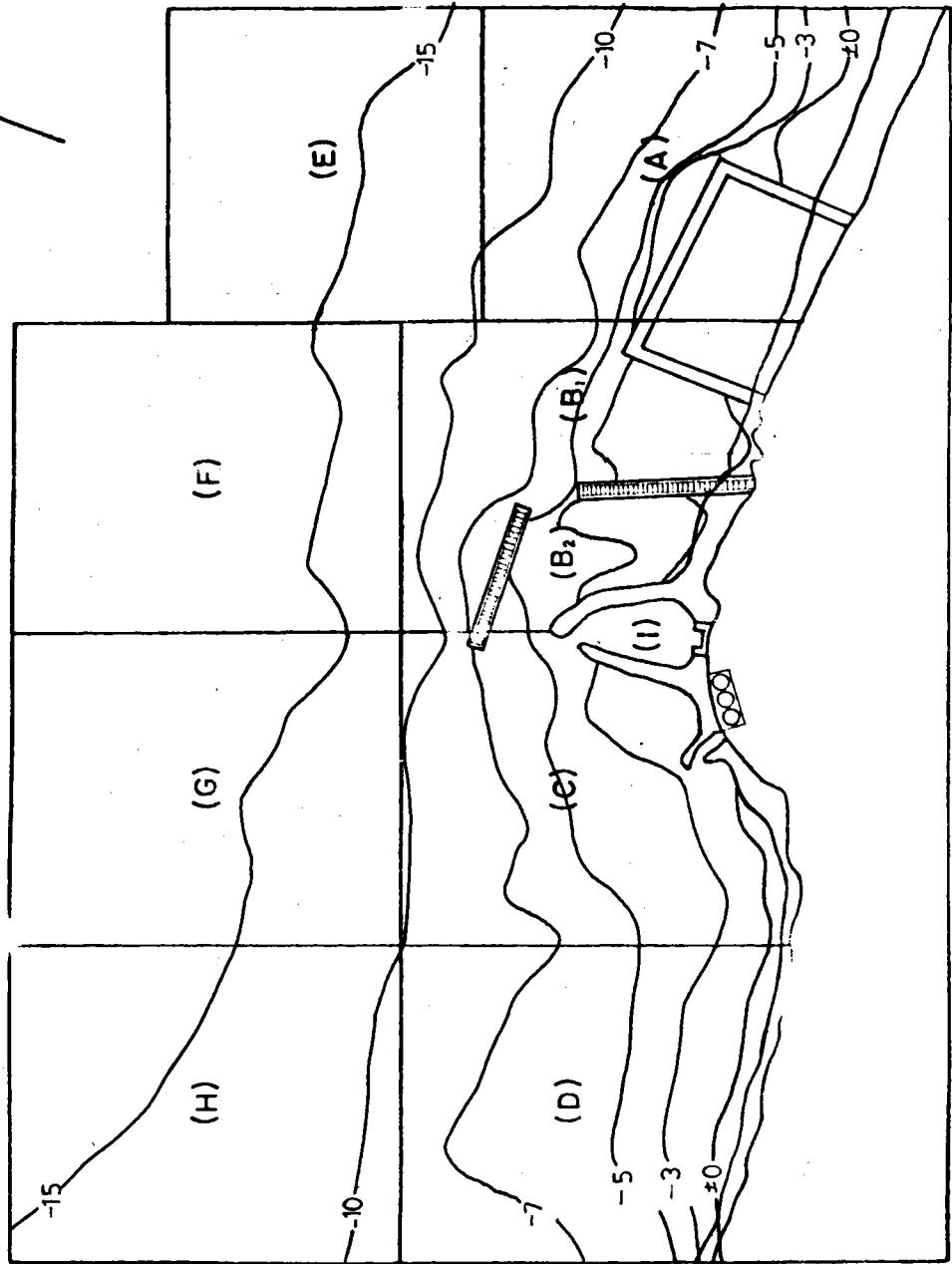


圖 4.66 主試驗 V，造波 3 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號：主試驗 V
 造波時間：4 hr
 初期地形：72.6.10
 波浪周期：12 sec.
 方向：NNE
 高低潮位變化：
 潮汐加沙測量基準點：基準點
 比例尺：1/20,000

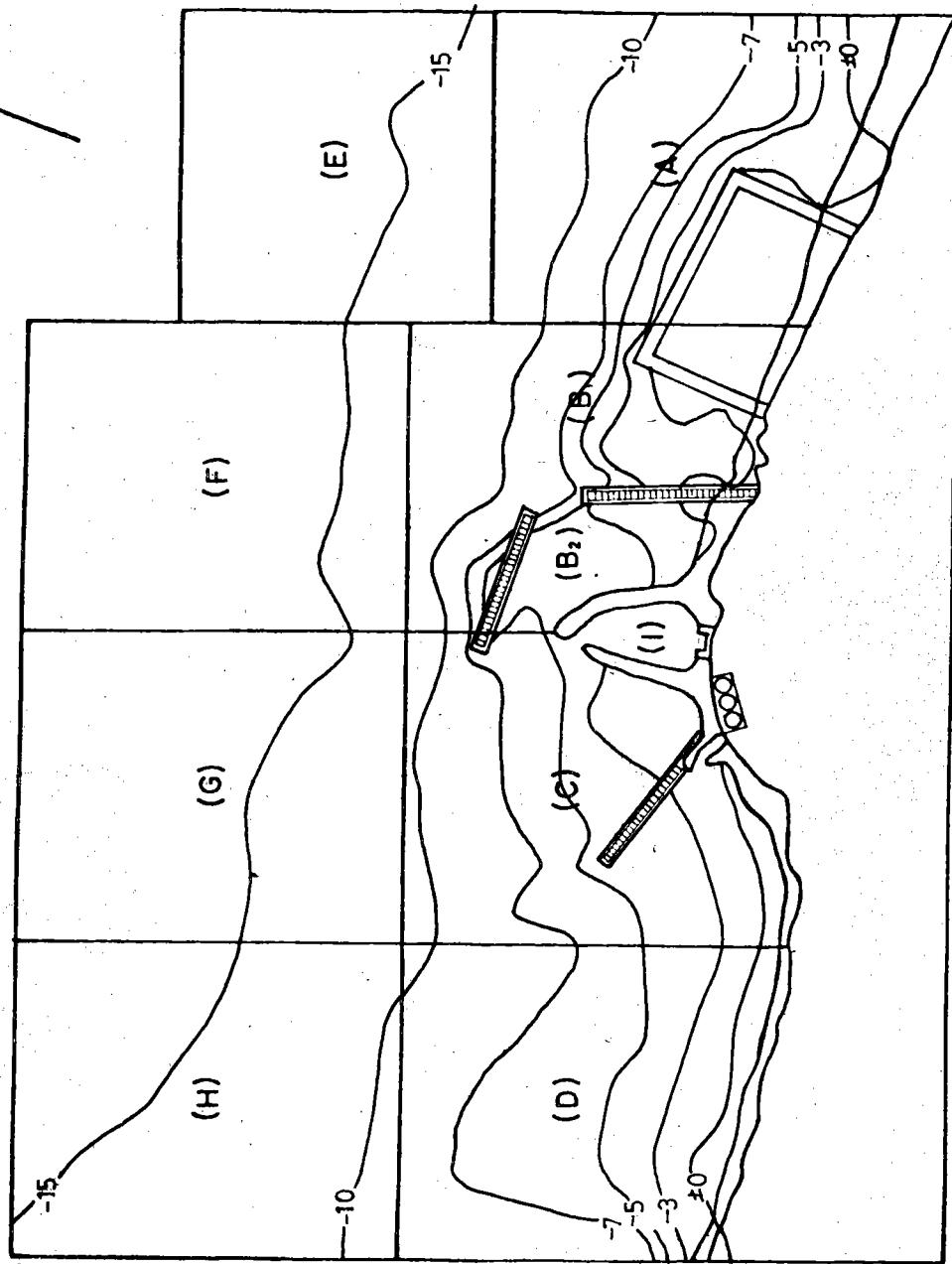


圖 4.67 主試驗 V，造波 4 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗號：主試驗 V
 造波時間：5 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 周期：12 sec.
 方向：NNE
 高低潮位變化率：
 準點：基準點
 比例尺：1/20,000

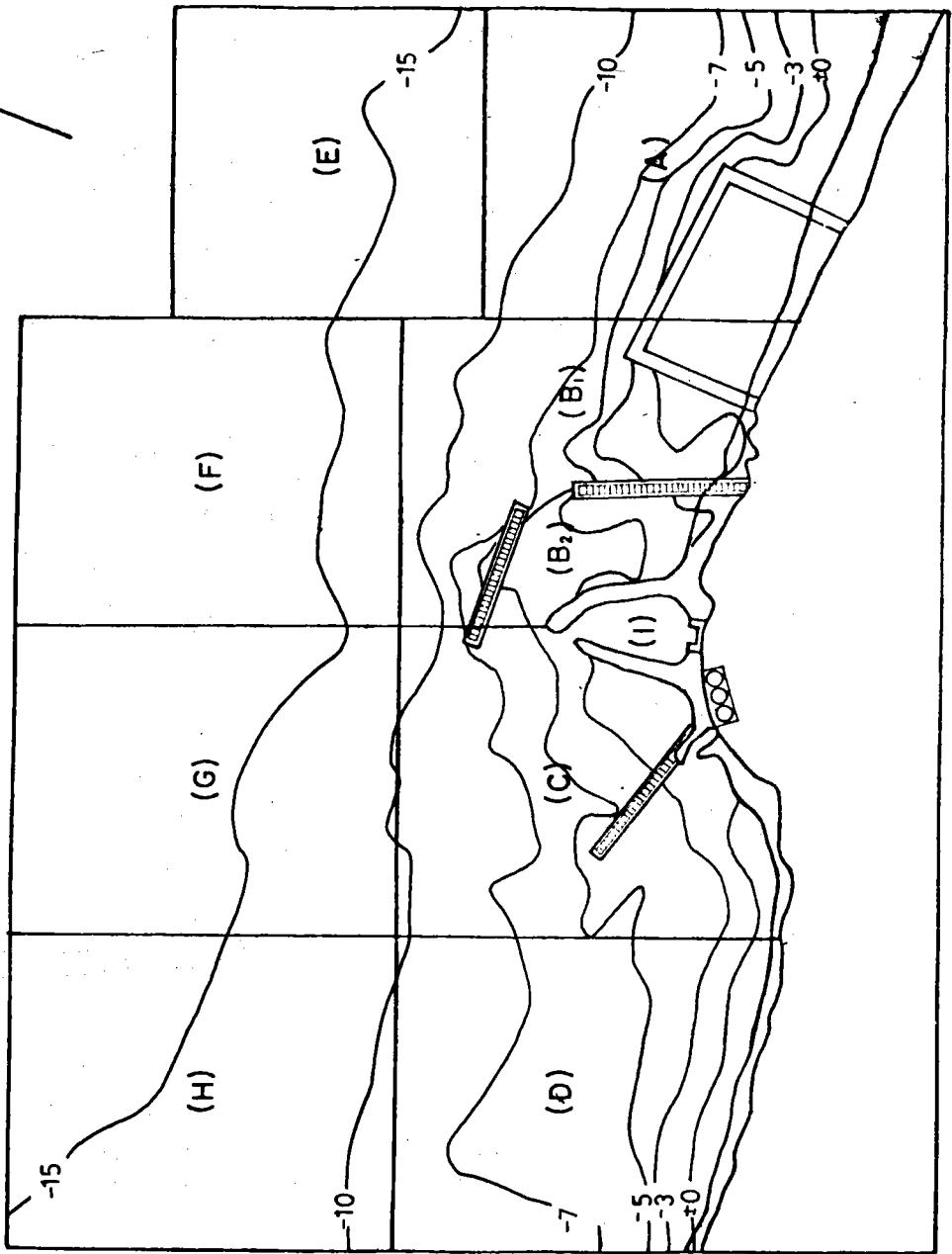


圖 4.68 主試驗 V，造波 5 小時後之地形

一林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號	：主試驗V
造波時間	：6 hr
初期地形	：72.6.10
初期海面	：4 m.
初期水位	：12 sec.
初期水深	：NINE
初期水深	：高底潮位變化
測量基準	：2 l/min.
倒沙率	：基準點
倒沙率	：1/20,000

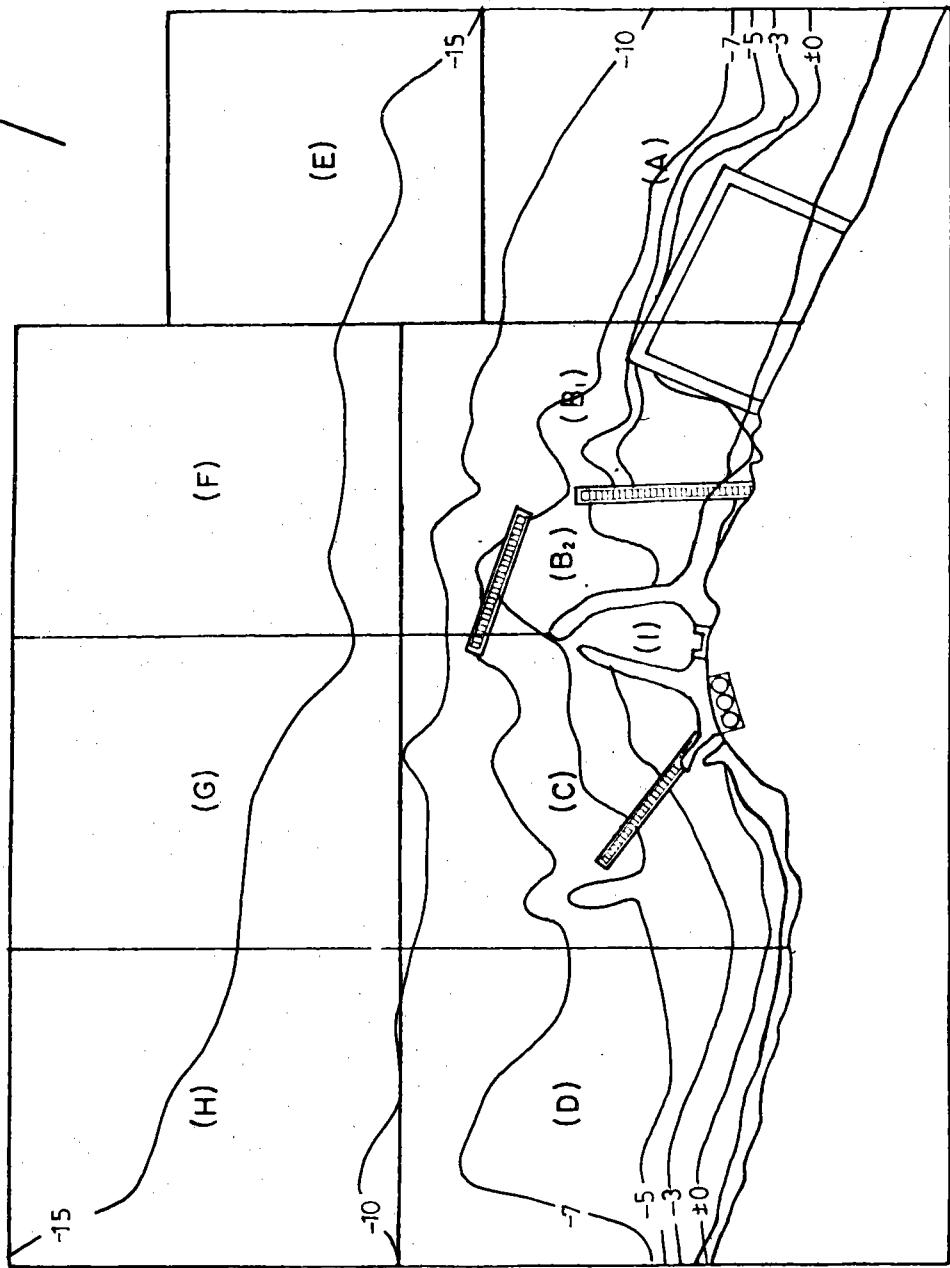


圖 4.69 主試驗 V，造波 6 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

號：主試驗 V
 造波時間：7 hr
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 高期向位：12 sec.
 方位：NNE
 高低潮位變化
 運波迴波潮加測量例
 比基準點： 2 l/min
 比基準尺：1/20,000

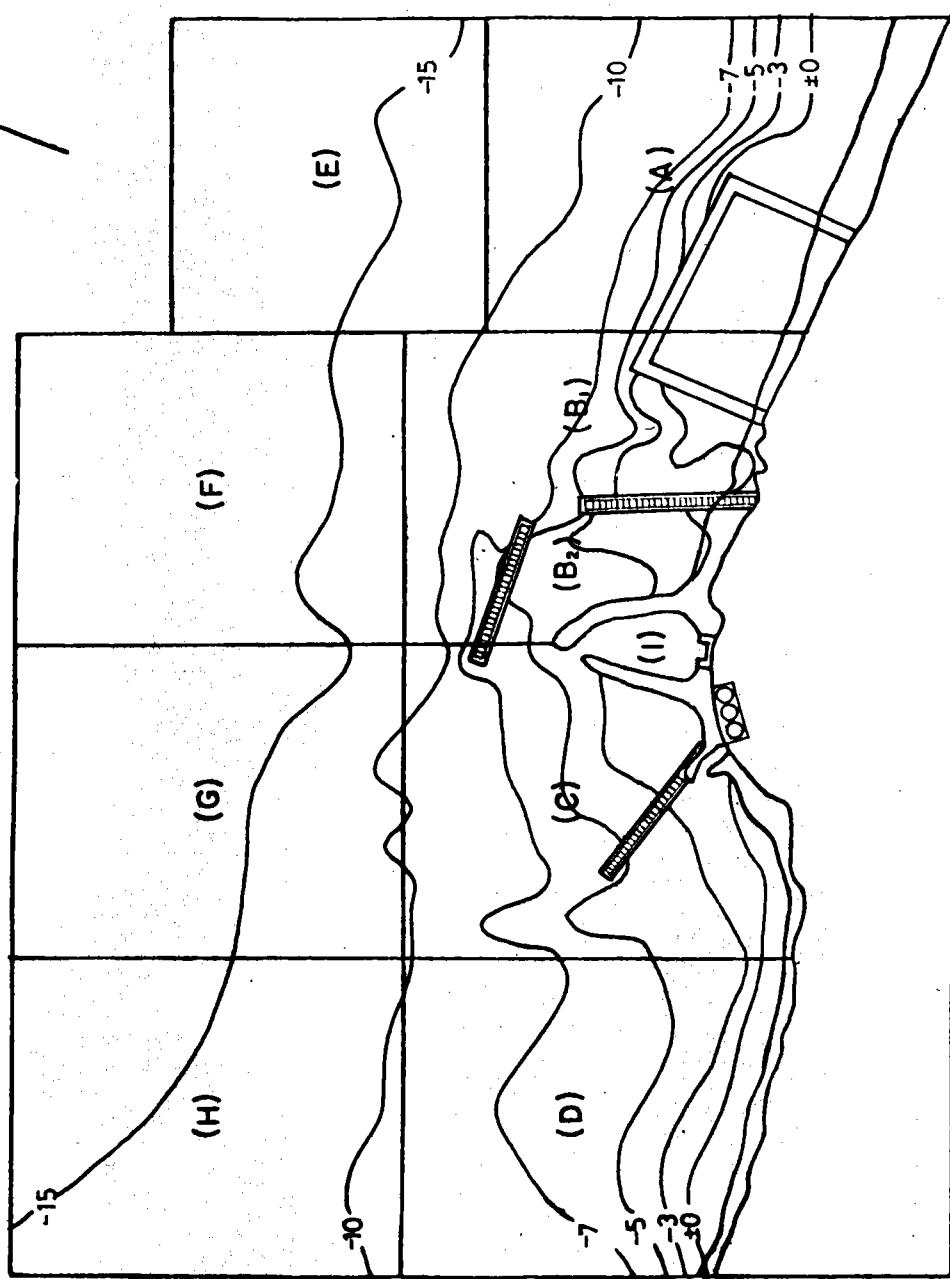


圖 4.70 主試驗 V，造波 7 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 V
 造波時間 : 8 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波週期 : 4 m.
 波高 : 12 sec.
 方向 : NNE
 高低潮位變化 : 2 ft/min.
 基準點 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

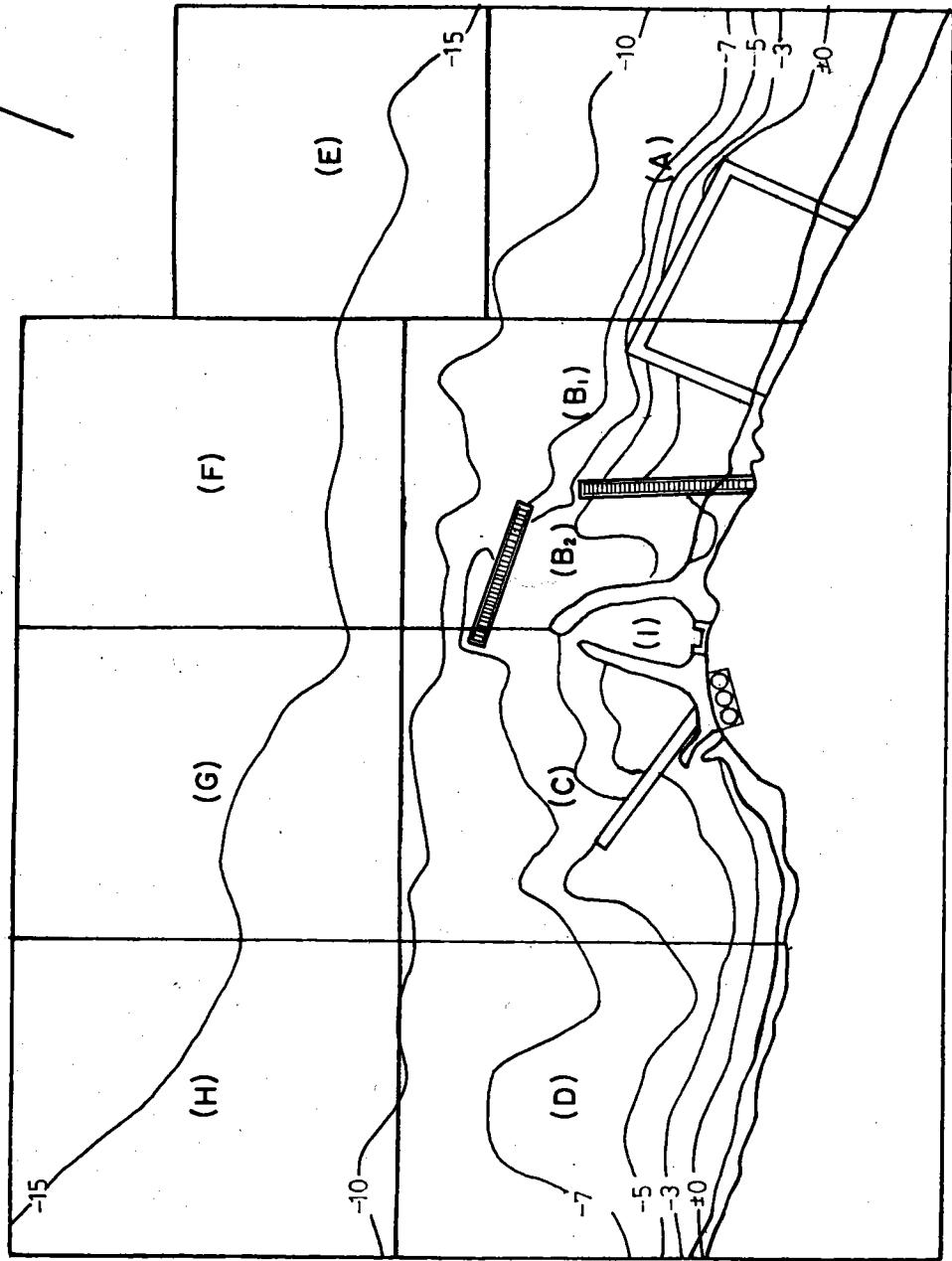


圖 4.71 主試驗 V，造波 8 小時後之地形

林口發電廠進出水口淤沙主試驗

號：主試驗V
 造波時間：9 hr
 初期地形高：72.6.10
 波週期：4 m.
 波向：12 sec.
 方位：NNE
 高低潮位變化：
 测量基準點：
 沙基尺：
 加測比：1/20,000

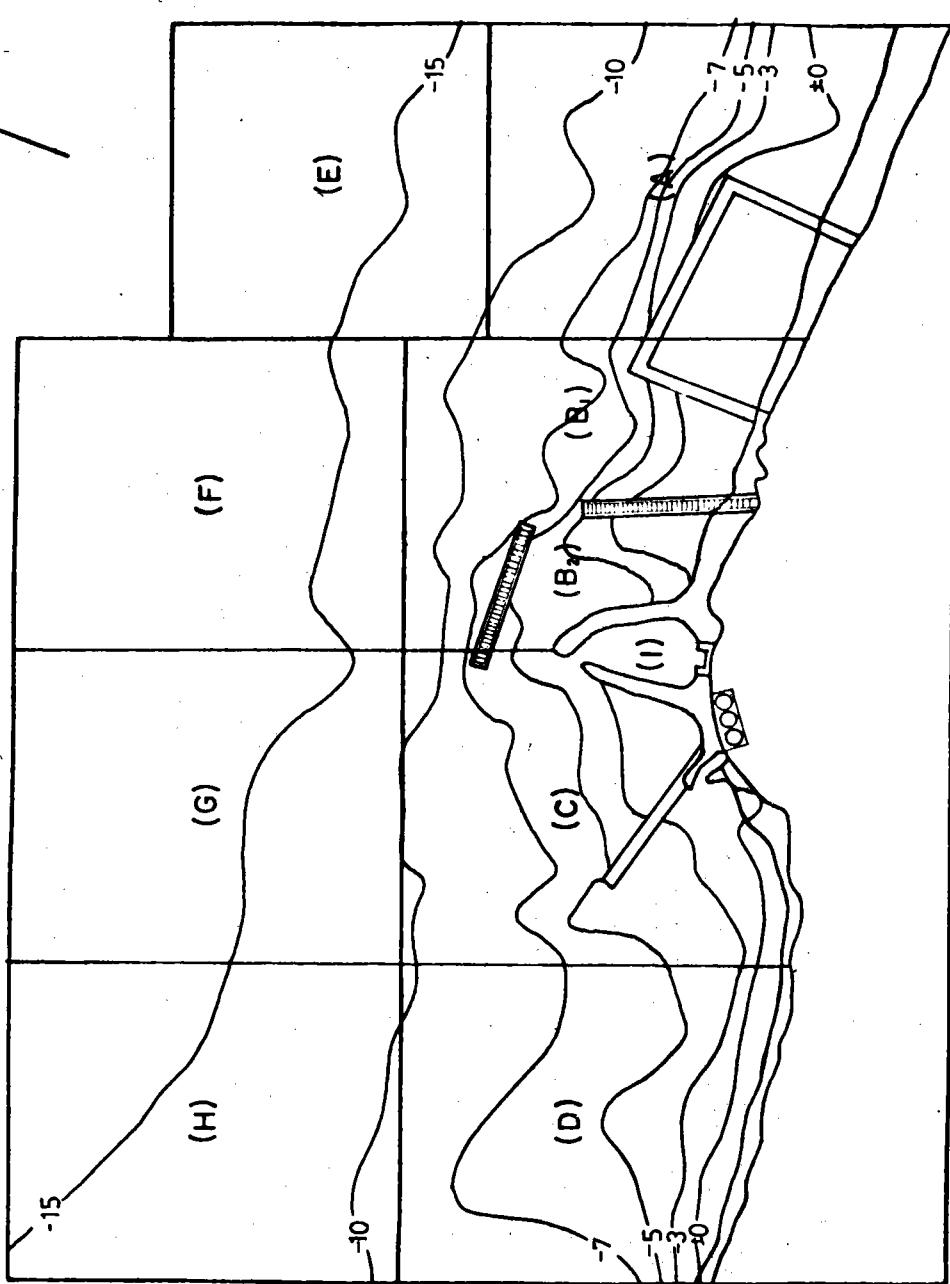


圖 4.72 主試驗 V，造波 9 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

N
↓

編號 : 主試驗 VI
 造波時間 : 10 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 周期 : 12 sec.
 高潮方位 : NNE
 潮位變化 : 2 ft/min.
 测量基準點 : 基準點
 週波測量沙量比例尺 : 1/20,000

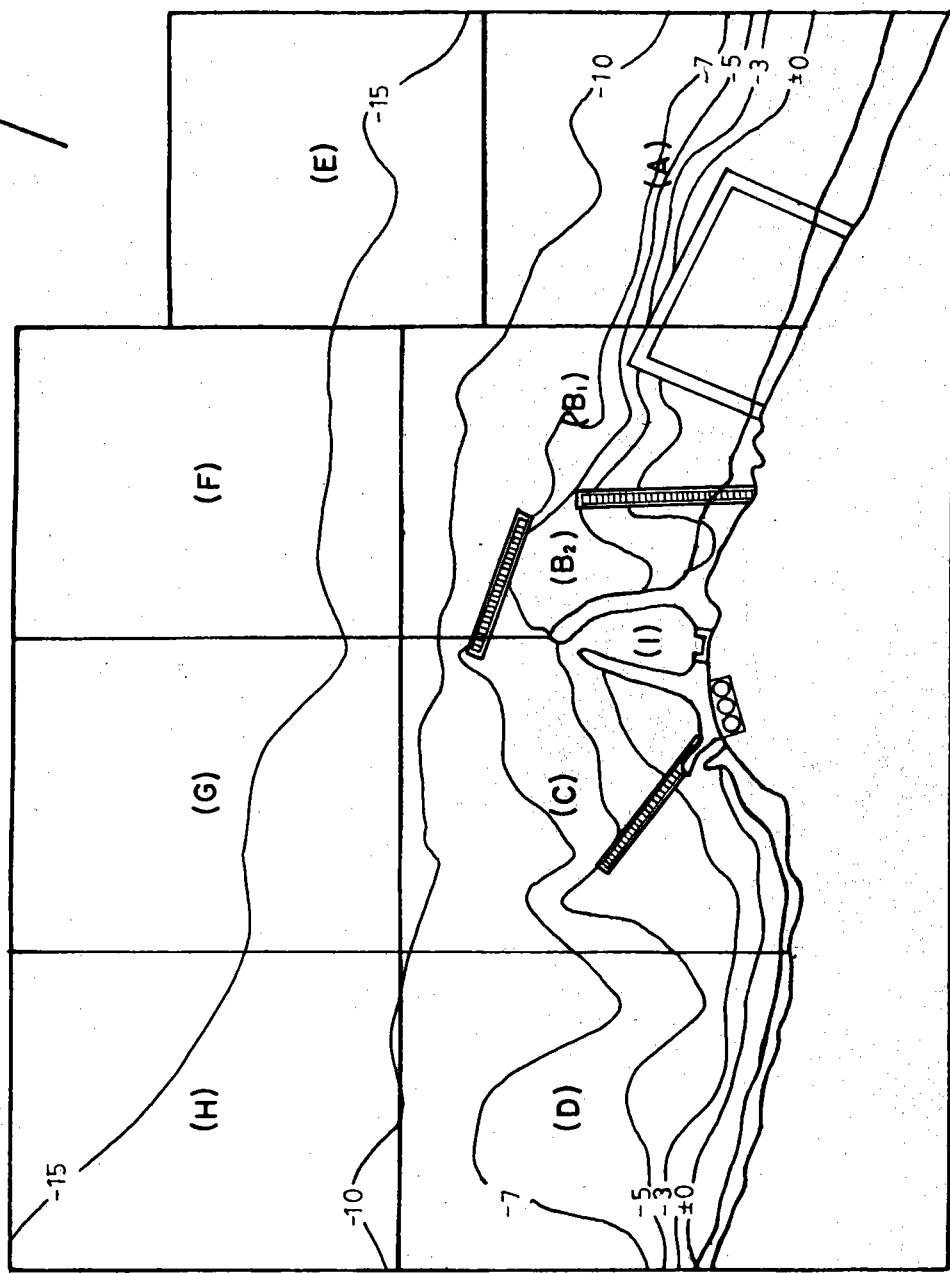


圖 4.73 主試驗 V, 造波 10 小時後之地形

圖 4.74 主試驗 V，各水深逐時變化代表點相關位置圖

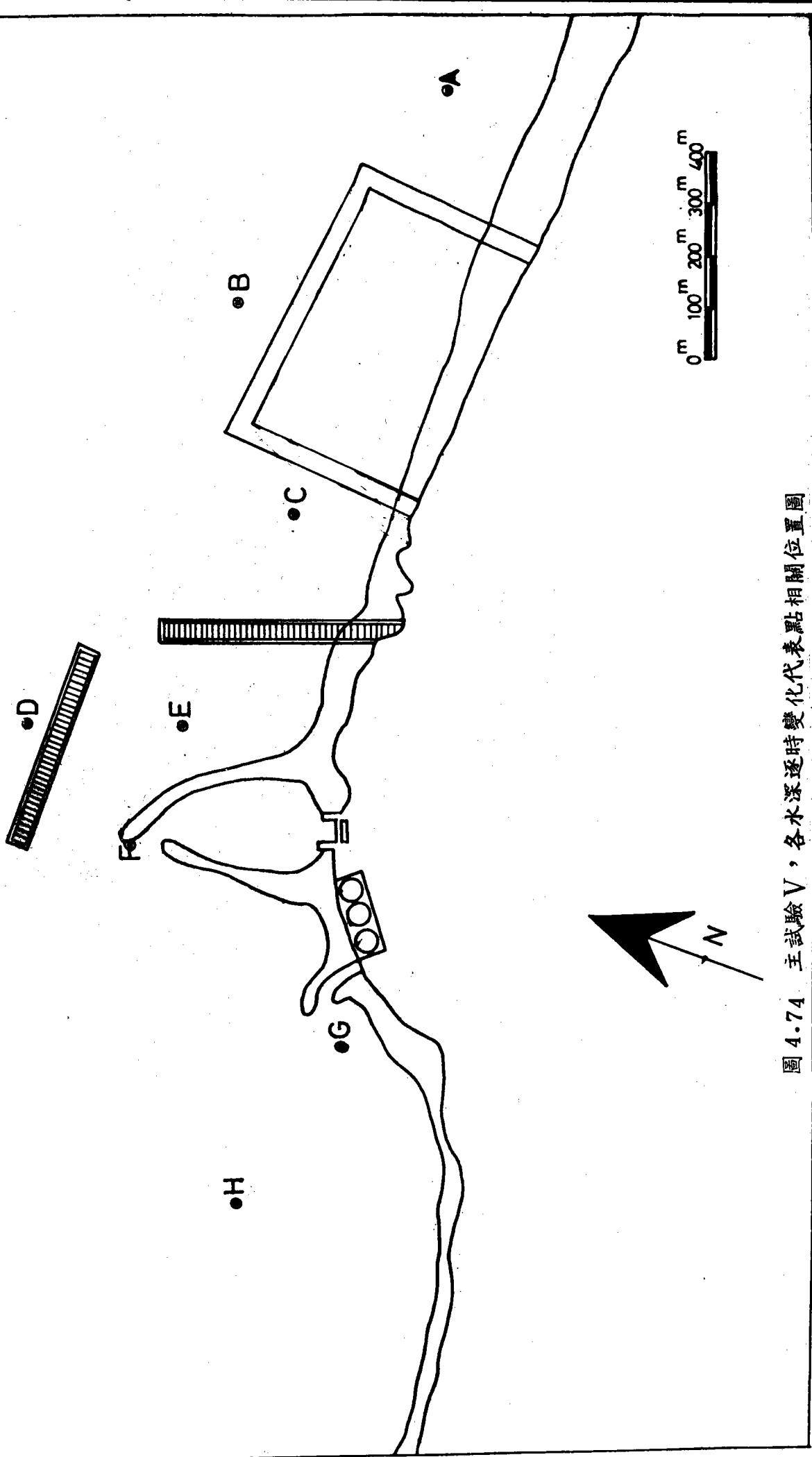
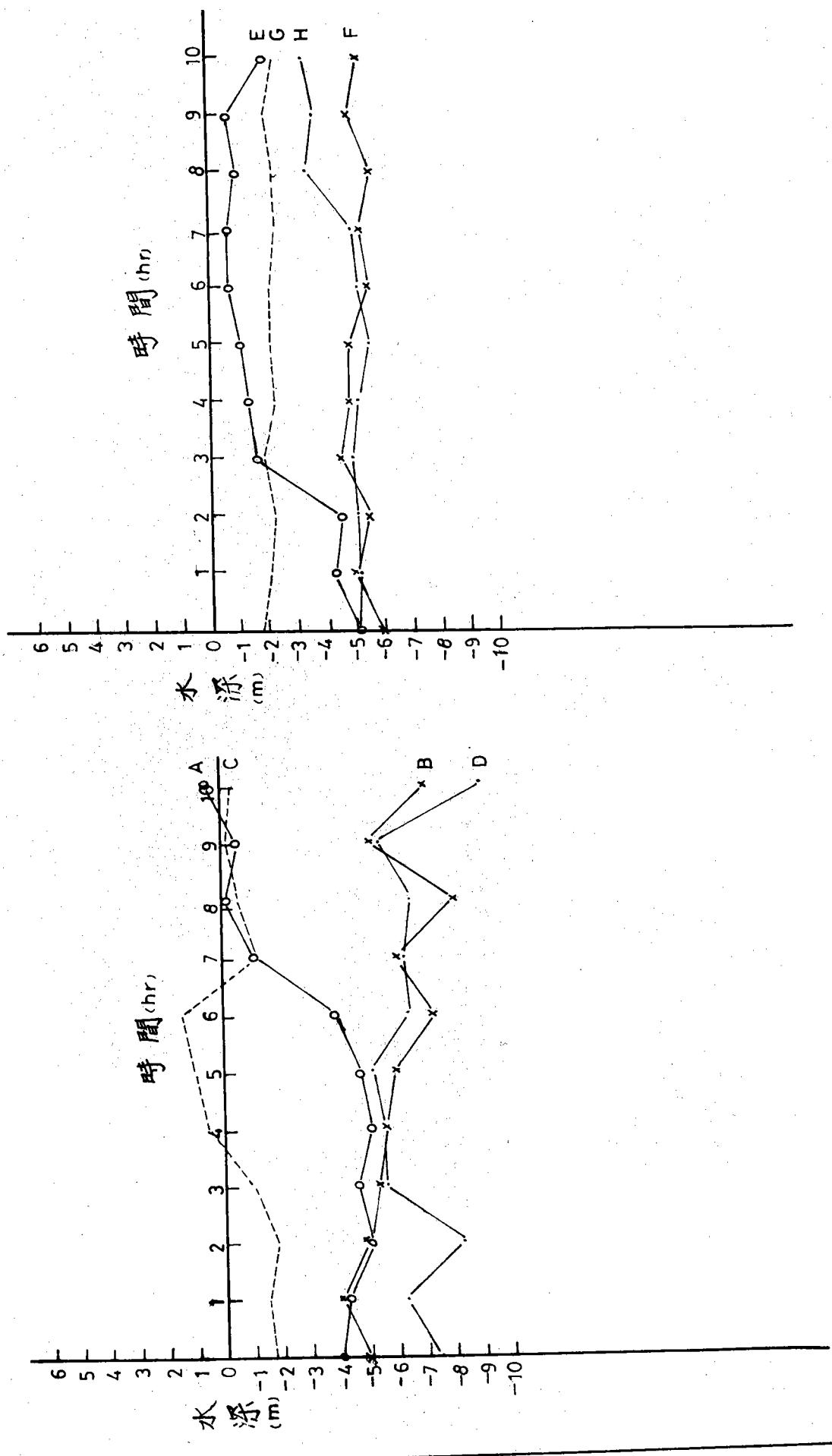


圖 4.75 主試驗 V，各代表點水深逐時變化圖



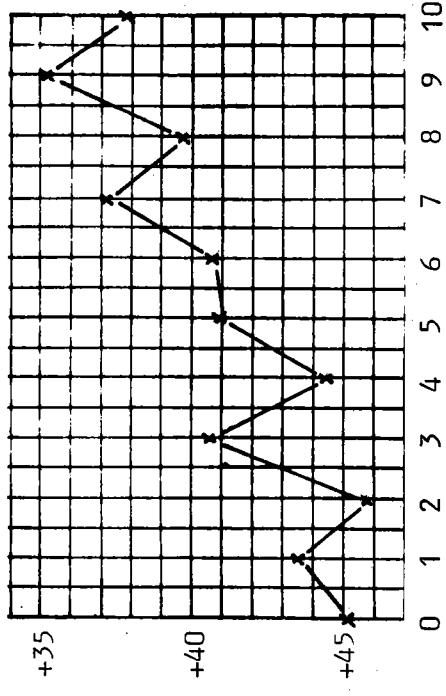


圖 4.76 主試驗 V，A 區土方變化圖

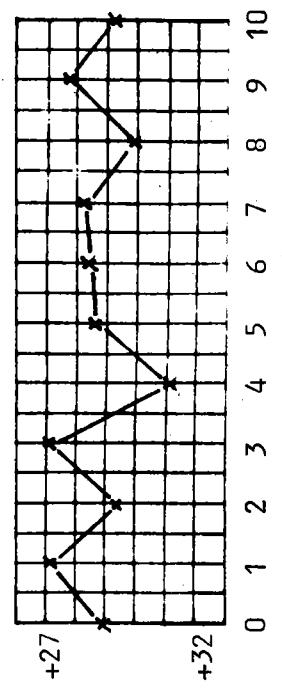


圖 4.77 主試驗 V，B₁ 區土方變化圖

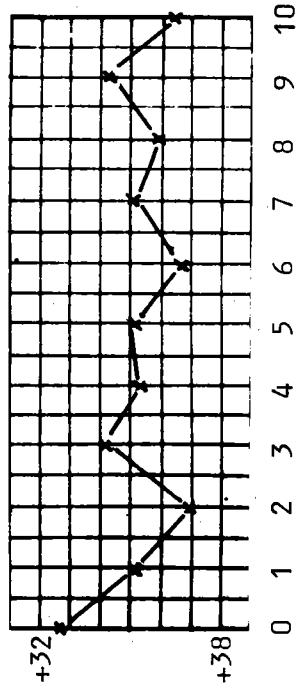


圖 4.78 主試驗 V，B₂ 區土方變化圖

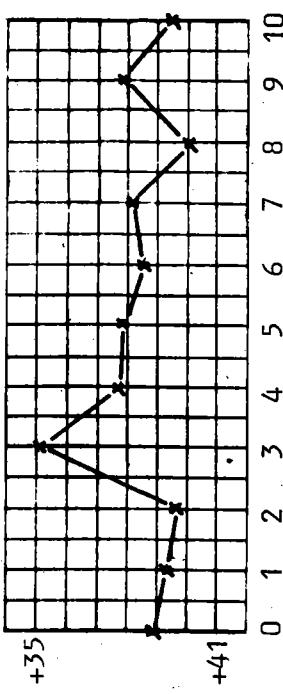


圖 4.79 主試驗 V，C 區土方變化圖

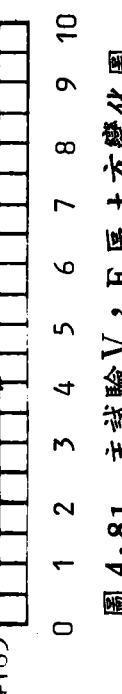
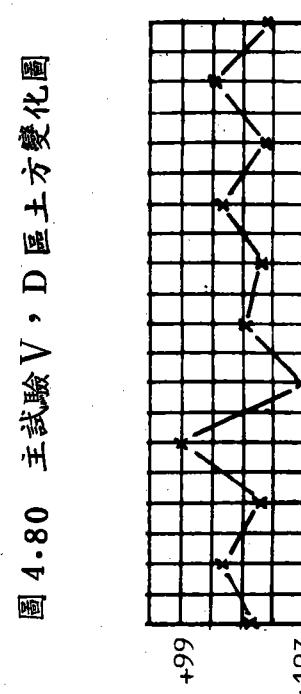


圖 4.81 主試驗 V，E 區土方變化圖

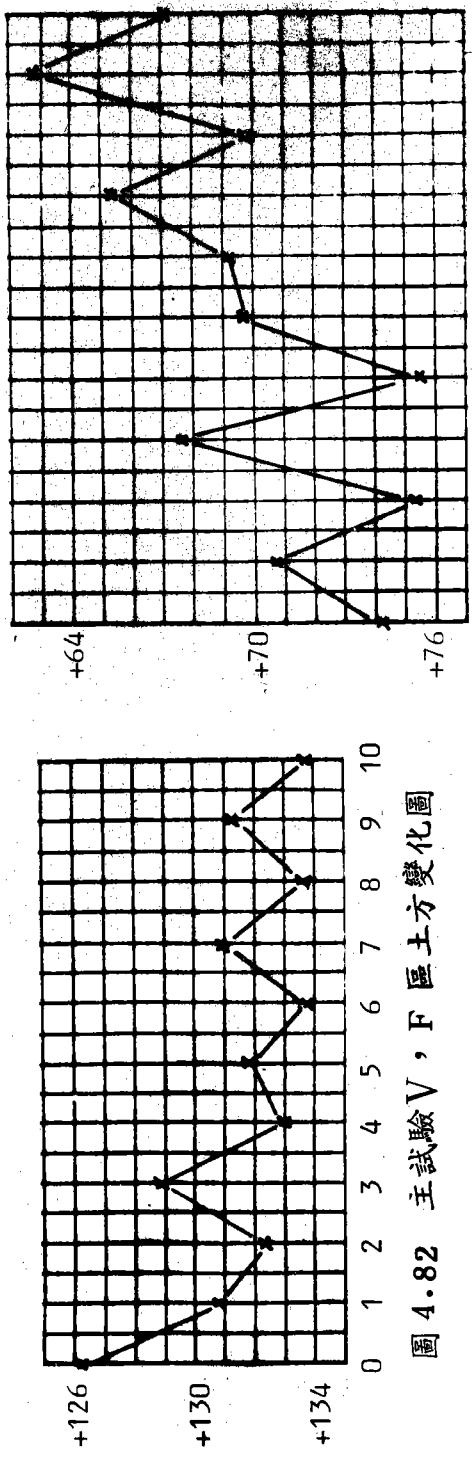


圖 4.82 主試驗 V, F 區土壤變化圖

圖 4.85 主試驗 V, A+B₁ 區土壤變化圖

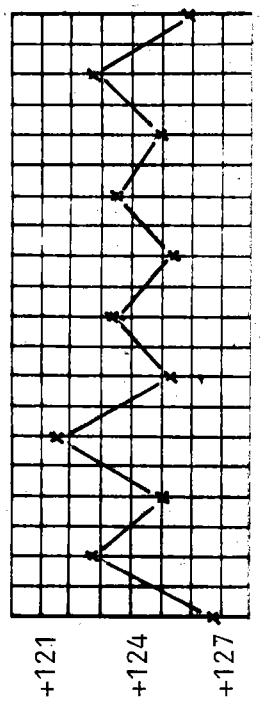


圖 4.83 主試驗 V, G 區土壤變化圖

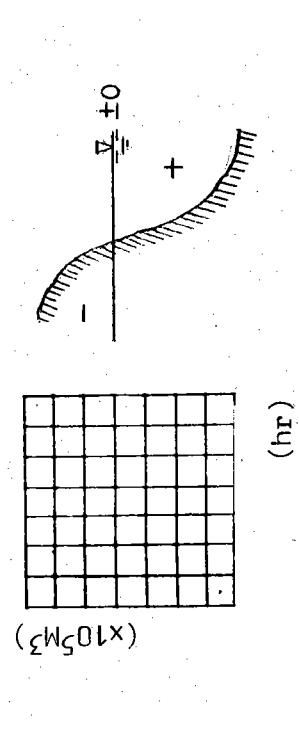


圖 4.86 主試驗 V, B₂ + C + I 區土壤變化圖

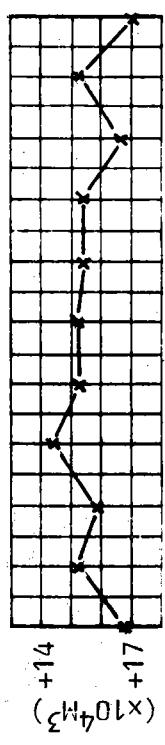
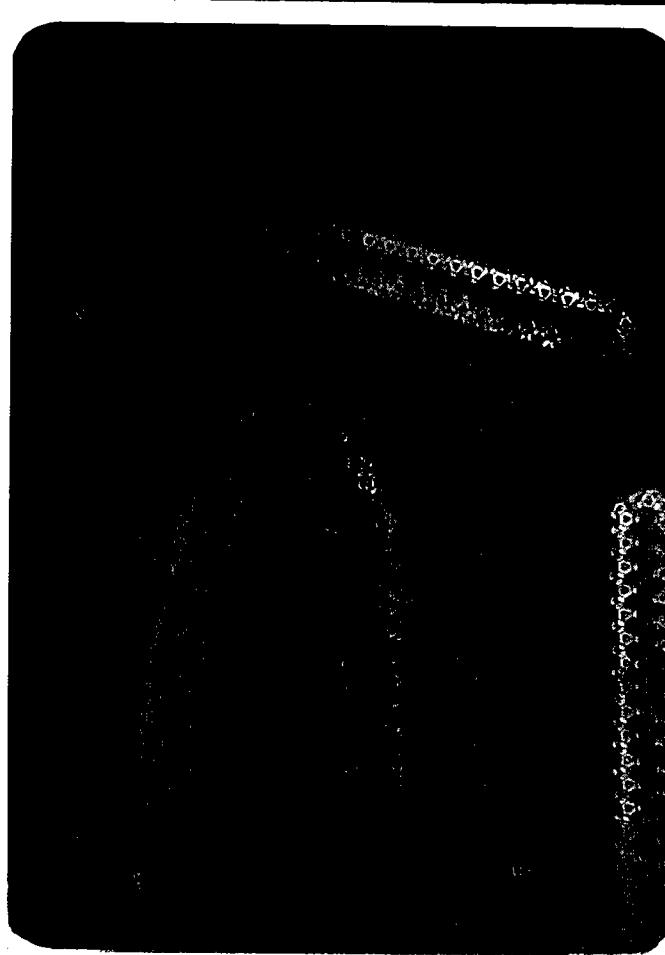
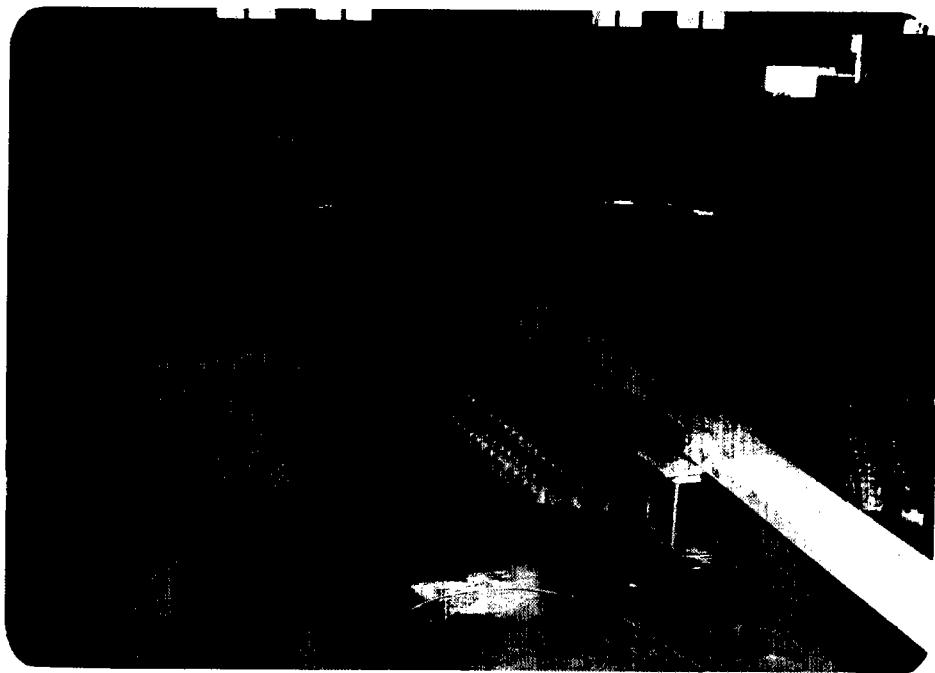


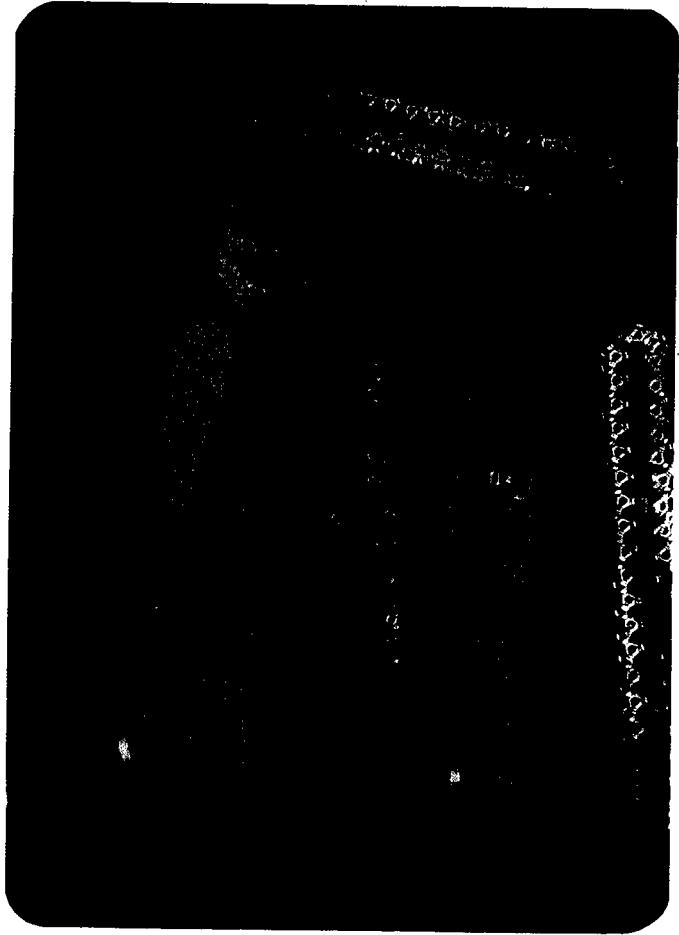
圖 4.84 主試驗 V, I 區土壤變化圖



照片 14 主試驗 V , 造波前之初期地形



照片 15 主試驗 V , 造波前之初期地形



照片 16 主試驗 V , 造波 10 小時後 , 進水口附近之地形



照片 17 主試驗 V , 造波 10 小時後 , 出水口附近之地形

4. 對策佈置 VI 根據對策佈置 I 之試驗知，突堤之防沙效果對底移質不錯，但若堤身不夠長，或懸移質存在時，則易繞過堤頭而向下游運行，故本佈置即針對於此，將堤身延長為 900m，至水深 -10 m 處，觀察此長突堤之防沙效果，並將出水口右堤延伸 360m，其佈置如照片 18, 19 與圖 4.87 所示。

根據試驗經過及結果顯示，由於佈置長突堤主要目的是阻斷沙源，而波浪作用時，大致上沙不易繞過此堤，但如高潮又大浪時，造成越波（overtopping）或由堤身透過，則會有少數淤沙在 B₂ 區內，但事實上，B₂ 區之淤沙不多，而進水口內則無淤沙，而進水口左前方有沙連形成，表示有漂沙活動。

當造波 7 小時後，灰塘左右側均有淤沙，且具等深線甚為接近，表示該處甚陡波浪作用強烈，出水口則在延長堤頭處形成淤沙。

當造波 14 小時後，灰塘右側已淤滿，上游來沙被往下游帶，一部份淤於灰塘左側與突堤之間，出水口延伸堤之淤沙已不少，但因離出水口尚遠且已呈穩定狀態故不影響出水口。

試驗過程中，每小時地形如圖 4.88~4.102 所示。

主試驗 VI，各水深逐時變化代表點之相關位置如圖 4.103 所示。

主試驗 VI，各代表點水深逐時變化如圖 4.104 所示。

試驗過程中，各區土方變化如圖 4.105~4.115 所示。

主試驗 VI，造波前之地形與佈置，如照片 18, 19 所示。

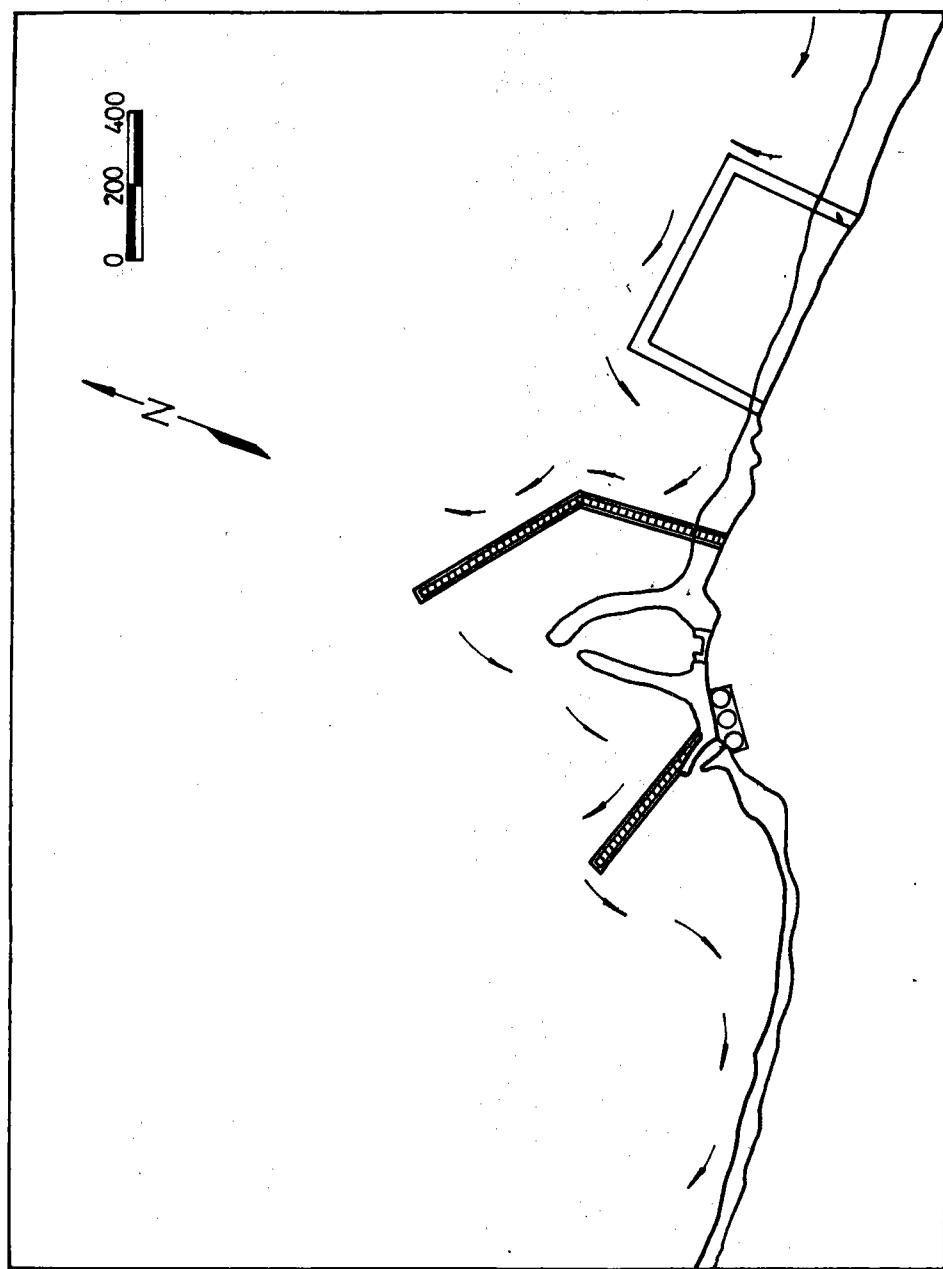
主試驗 VI，本佈置遮蔽波浪及沿岸漂沙形態如照片 20~23 所示。

主試驗 VI，造波 14 小時後之地形，如照片 24, 25 所示。

伍、結論與建議

- 一、若只闢建煤灰塘而無堤防等對策佈置，雖可稍延進水口淤塞，但其防沙之效果甚微。
- 二、綜合上述三種煤灰塘與防沙堤之對策佈置（IV、V、VI）之試驗結果分析，就防止進水口淤沙的功能來比較，可由圖 4.59 、 4.84 、 4.113 看出，其中以 V 的效果最好。因為其一方面以突堤防沙，另一方面以離岸堤自然補沙，形成一整體性的防止漂沙區，故漂沙不會淤積於進水口，又兼防浪之效果，其設計斷面詳見附錄 I 。由於漂沙幾乎被阻斷，則進出水口下淤會略有侵蝕。
- 三、為避免環境，煤灰塘之海堤必需建造不透性的型式，以免煤灰滲漏，造成林口海岸之污染。再者因煤灰顆粒細小，在東北季風肆虐時，其覆蓋土應妥慎處理，以免強風吹回陸上，形成問題。
- 四、在煤灰塘施工期間，由於波浪不斷地作用，漂沙活動仍持續進行，則灰塘闢建區之海底地形，必受影響，此種情形以施工期長或有大浪冲襲下之情況最為顯著，在此種情形下宜對煤灰塘施工期之漂沙形態進行模型試驗，以免影響煤灰塘海堤本身之設計，及消除施工安全之顧慮。
- 五、根據現場調查及試驗結果，林口海岸為沙質海岸，宜建造佈置效果良好之防沙堤，俾能攔砂，兼可防浪，歷年來進水口淤沙情形頗為嚴重（平均年抽沙量為 10 萬立方），如建造管線恐受淤沙影響，且其造價昂貴，比防沙堤還高，其單價與效益分析，詳見附錄 I 。
- 六、答覆台灣電力公司對本所「林口發電廠進出水口淤沙防治對策之水工模型試驗改善研究」之審查意見如附錄二。

圖 4.87 主試驗 VI，堤防佈置與流況分佈圖



林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號：主試驗VI
 造波時間：0 hr
 初期地形高程：72.610
 波浪周期：4 m.
 波向：12 sec.
 週期方位：NNE
 潮汐位變化：高低潮位變化
 基準點： $2 \ell/min.$
 沙基測量比例尺：1/20,000

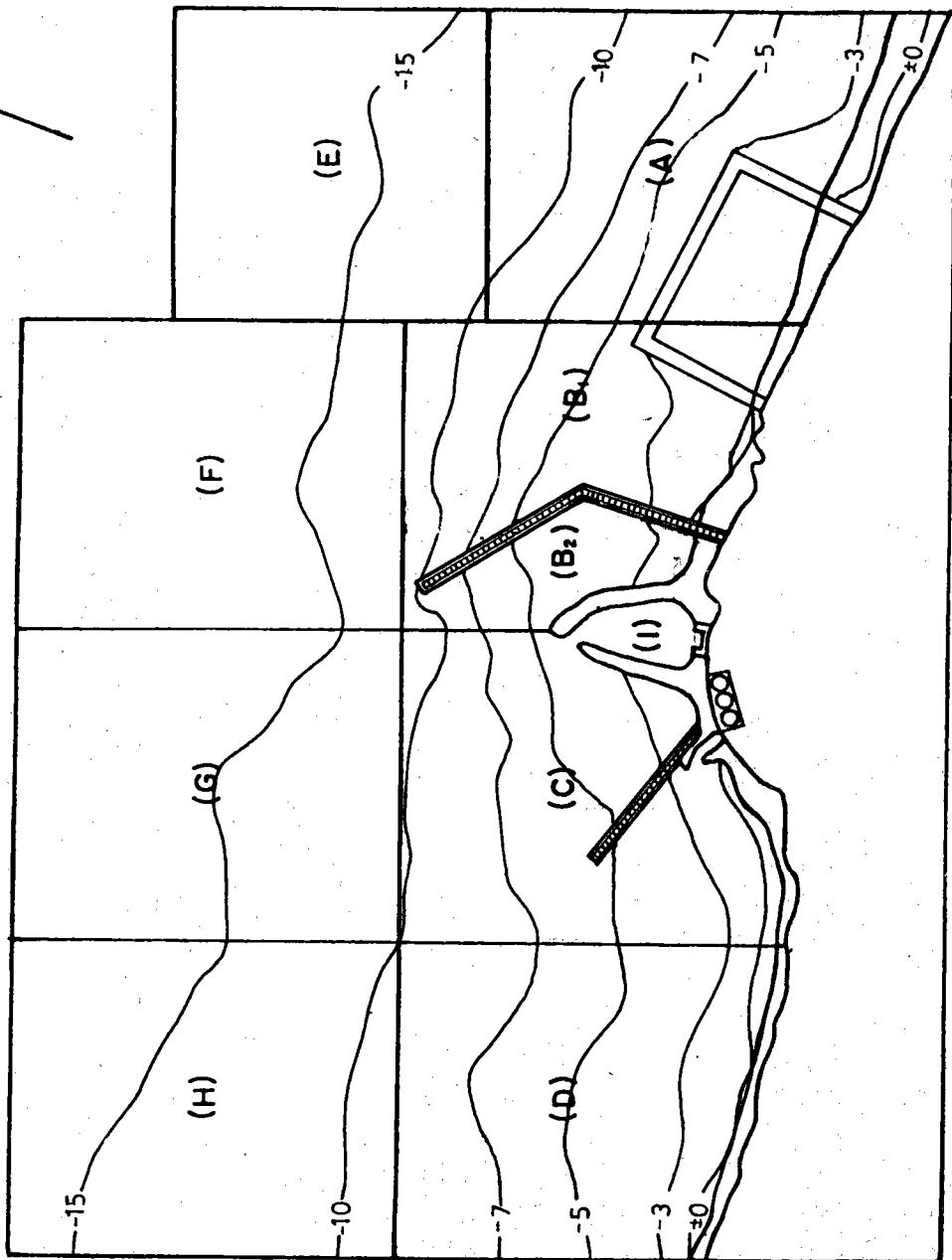


圖 4.88 主試驗VI，造波前之初期地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗 VI
 時期 : 72.6.10
 初期地形 : 4 m.
 波浪 : 12 sec.
 高低潮位變化 : NNE
 週波 : 2 f/min .
 造波週期 : 基準點
 地形 : 1/20,000
 時間 : 沙基量測
 地形 : 加測站
 週期 : 出水口
 地形 : 漂沙量測
 地形 : 漂沙量測

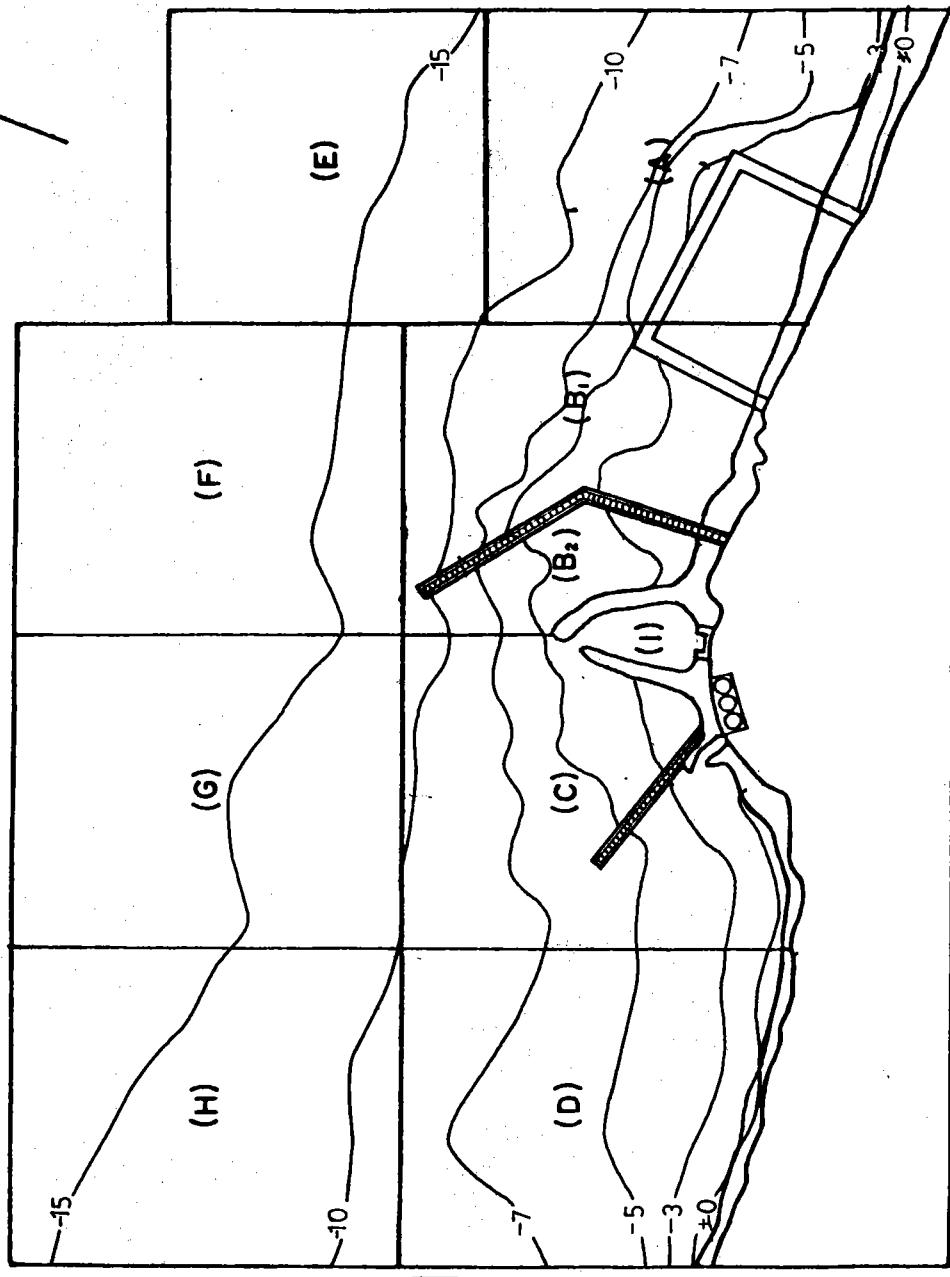


圖 4.89 主試驗 VI，造波 1 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

主試驗 VI
 號： 2 hr
 造波時間： 72.6.10
 初期地形： 4 m.
 波週期： 12 sec.
 向位： NNE
 潮位變化： 高低潮位變化
 基準點： 海平面
 比例尺： 1/20,000

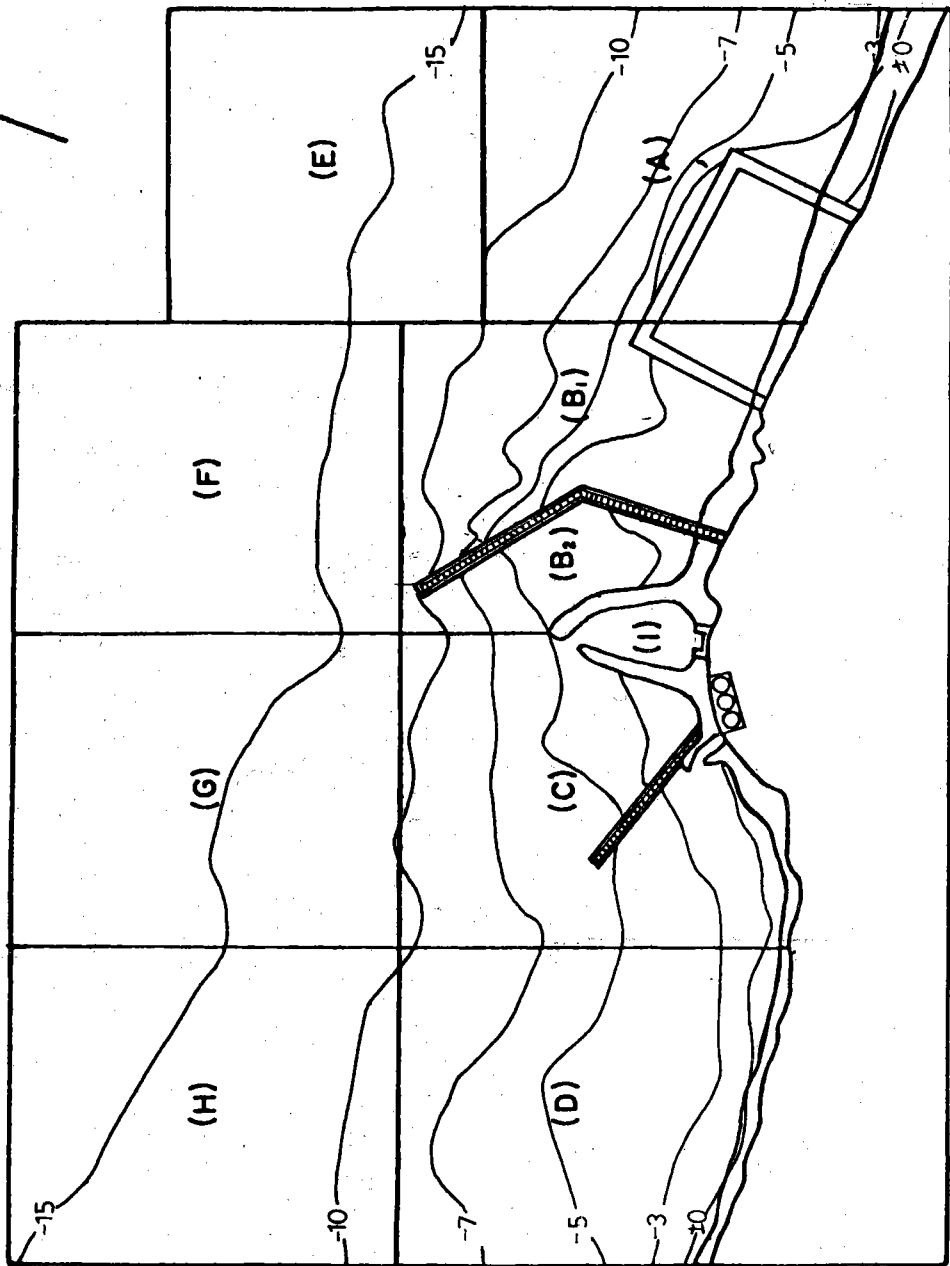


圖 4.90 主試驗 VI，造波 2 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號：主試驗VI
 造波時間：3 hr
 初期地形高程：72.610
 波浪周期：12 sec.
 波向：NNE
 高低潮位變化率：
 测量基準點：
 沙基尺：1/20,000

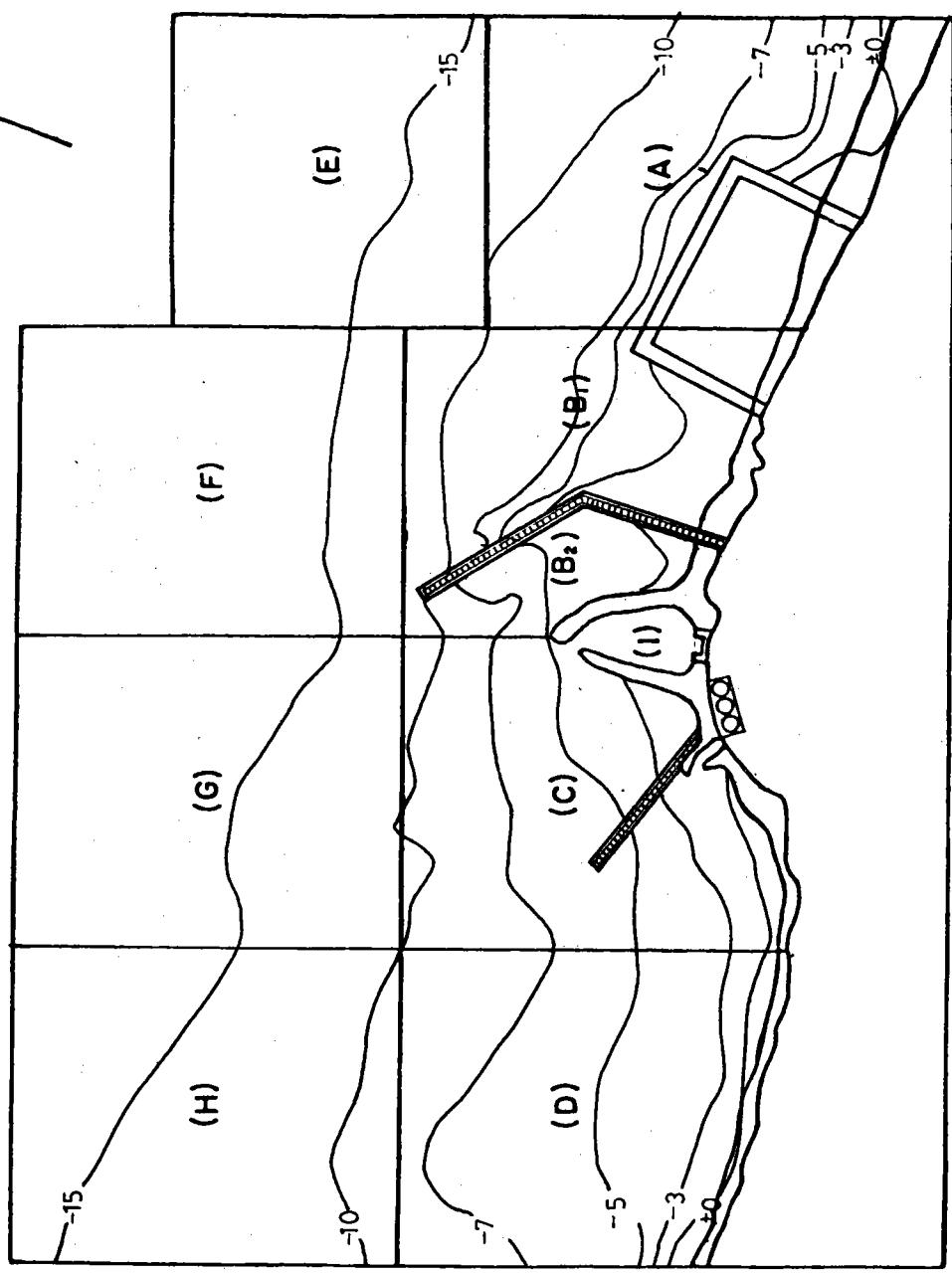


圖 4.91 主試驗VI，造波3小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗VI
 造波時間 : 4 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波浪 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 方向 : NNE
 高低潮位變化 : $2\ell/\min.$
 基準點 : 沙基量測比

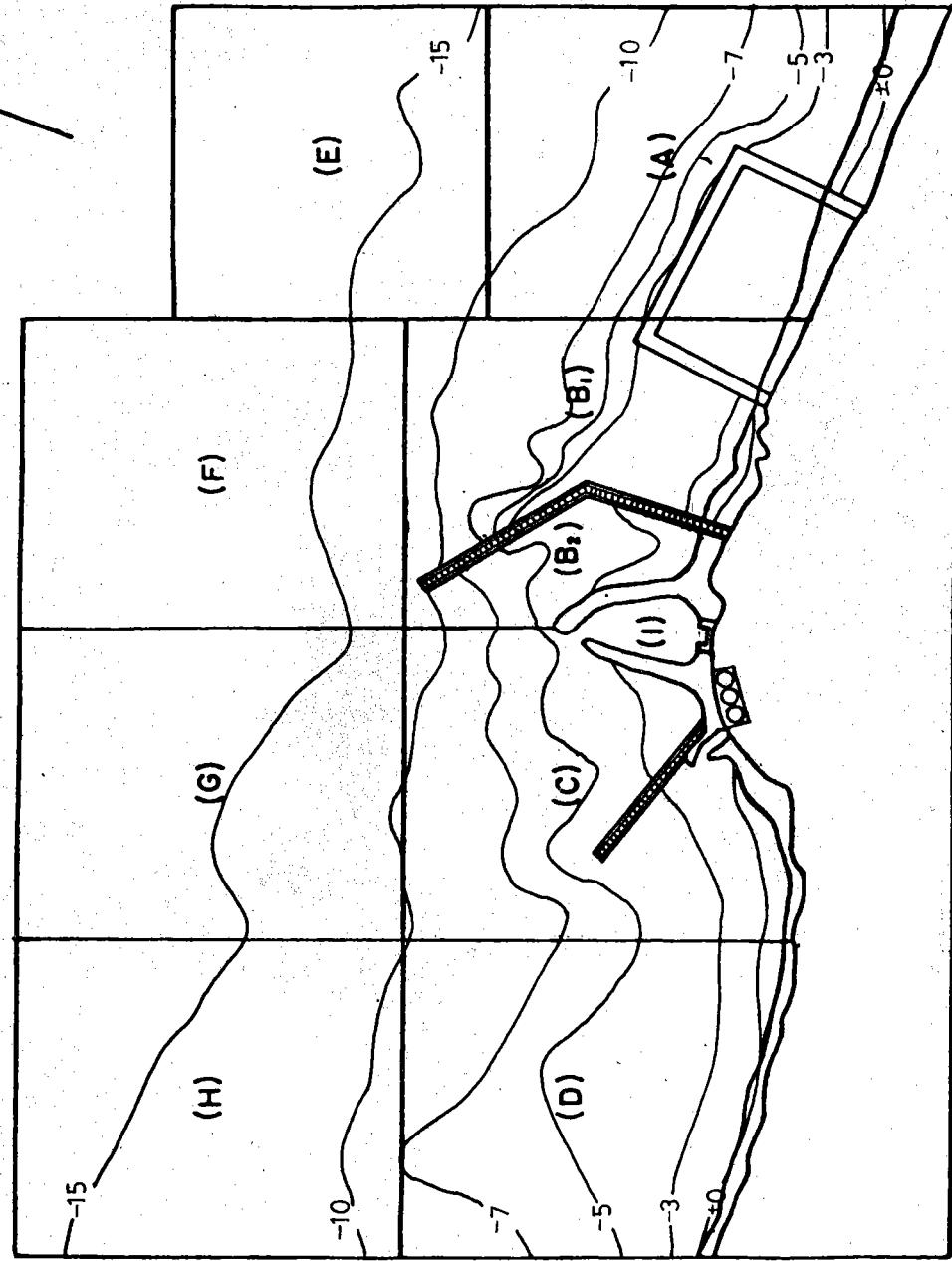


圖 4.92 主試驗VI，造波4小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 VI
 造波時間 : 5 hr
 初期地形高 : 72.610
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 方向 : NNE
 潮位變化 : 高低潮位
 基準點 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

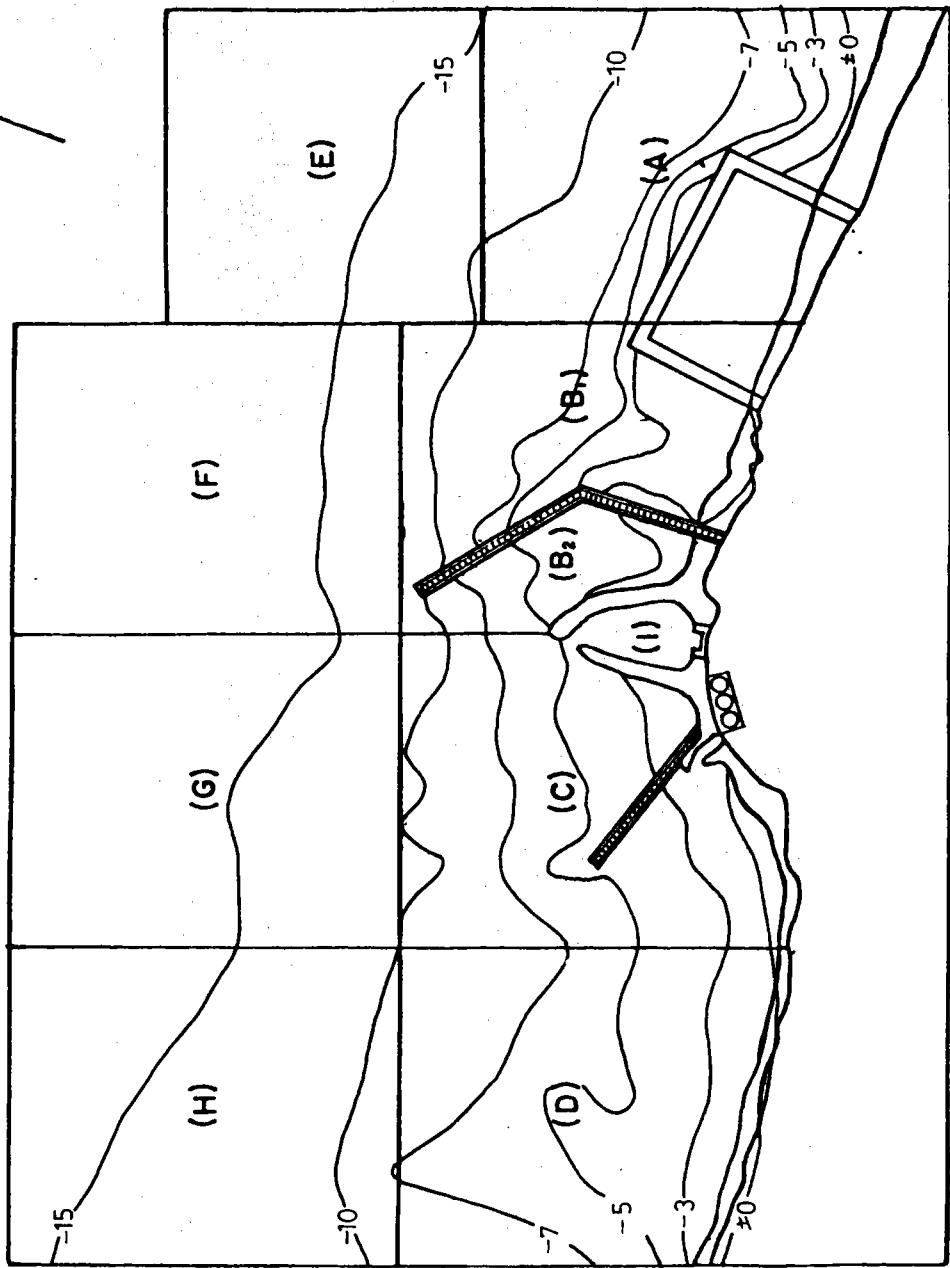


圖 4.93 主試驗 VI, 造波 5 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

試驗 VI
 時間 : 6 hr
 地形 : 72.6.10
 初期地形 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 方向 : NNE
 高低潮位變化 : 2 ft/min.
 基準點 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

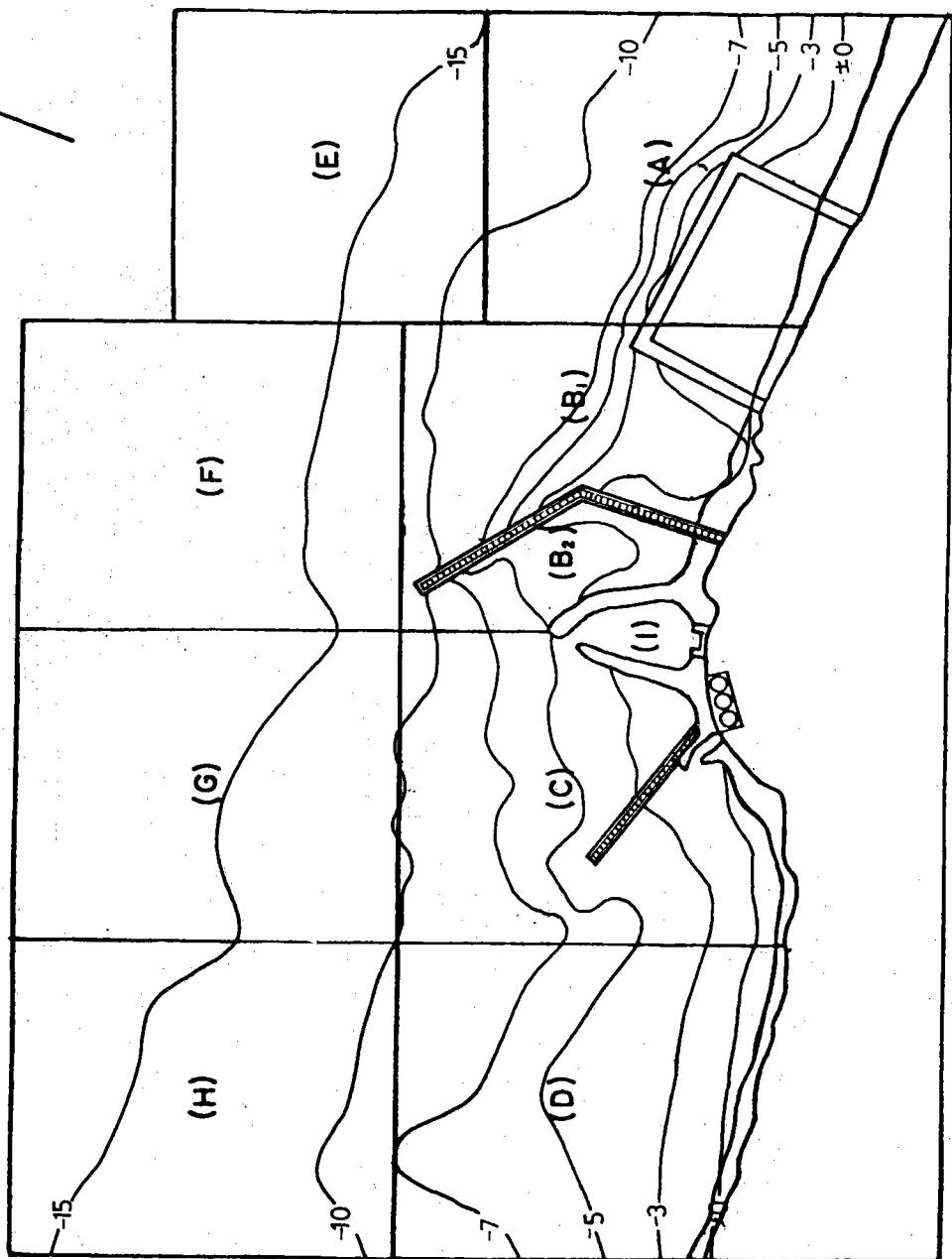


圖 4.94 主試驗 VI，造波 6 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 VI
 造波時間 : 7 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波浪週期 : 4 m.
 潮汐週期 : 12 sec.
 地形高程 : NINE
 高低潮位變化 : 2 ft/min.
 基準點 : 基準點
 加沙量 : 1/20,000
 測量基準尺 : 1/20,000
 倒尺比例 : 1/20,000

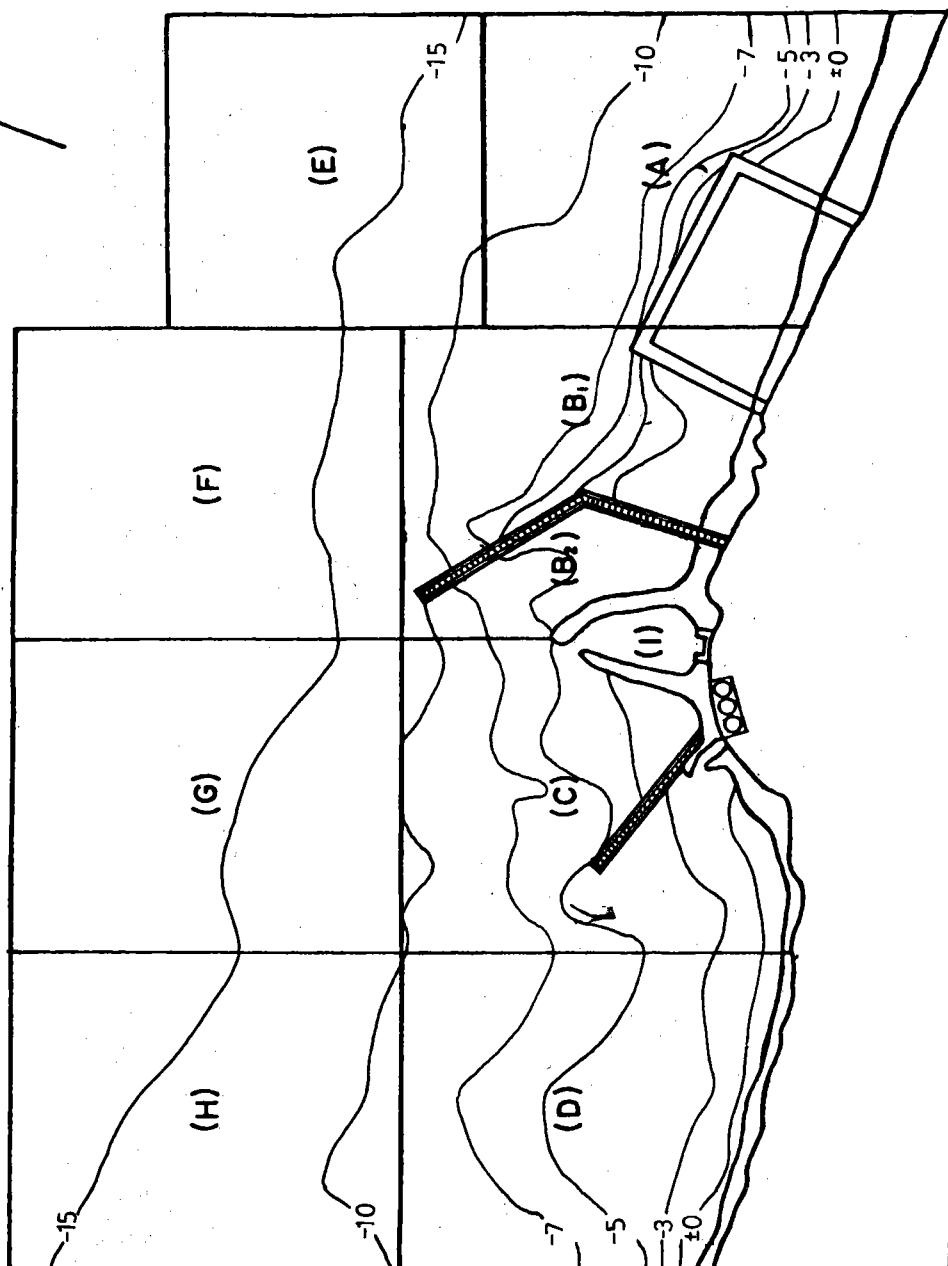


圖 4.95 主試驗 VI，造波 7 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 VI
 造波時間 : 8 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m
 周期 : 12 sec.
 地形商期向位率 : NNE
 高低潮位變化 : 2 ft/min.
 加測量基準點 : 基準點
 沙基尺 : 1/20,000
 週波潮比 : 逆

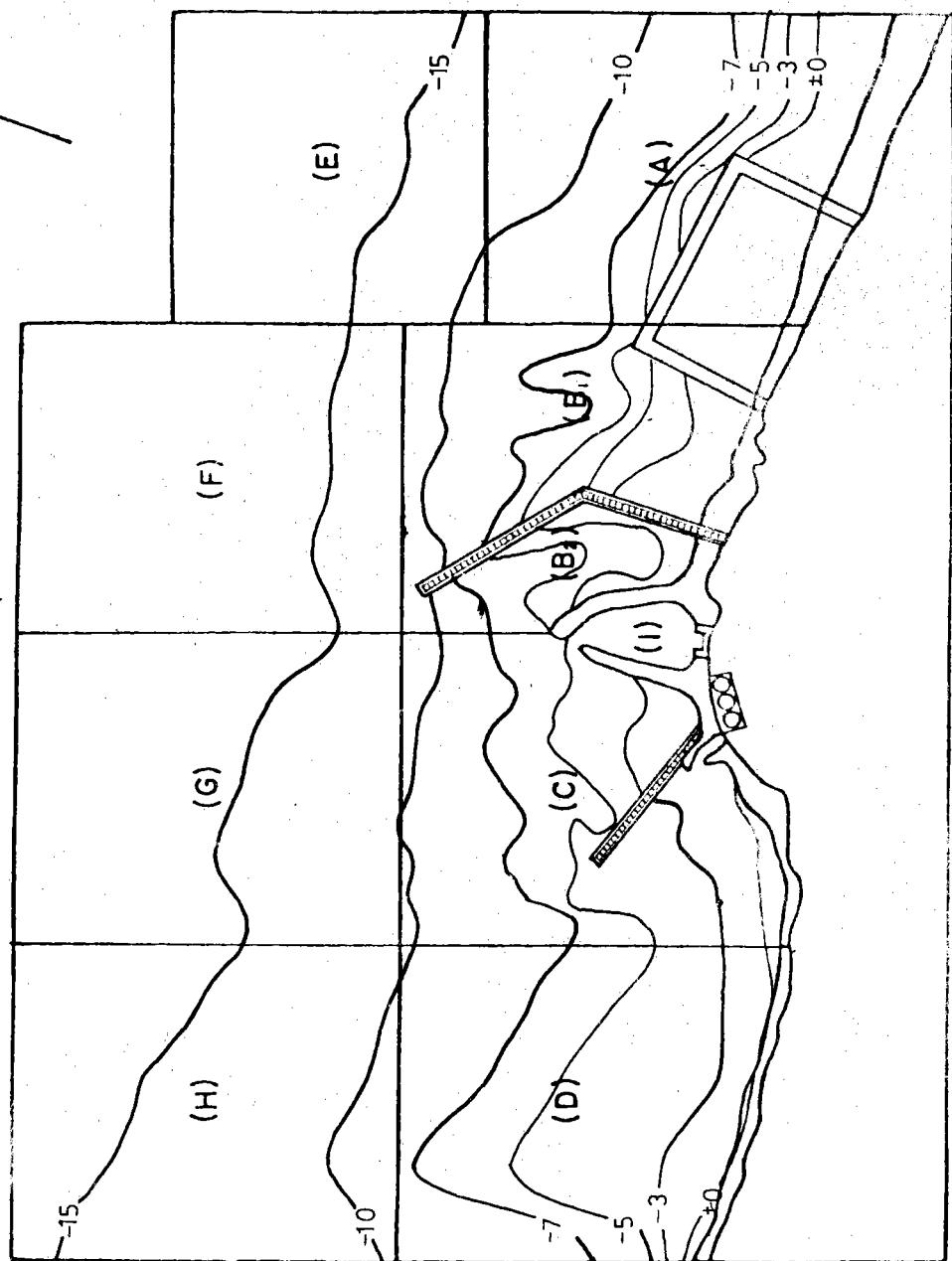


圖 4.96 主試驗 VI，造波 8 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

號號：主試驗VI
 造波時間：9 hr
 初期地形：72.6.10
 波浪期：4 m.
 週期：12 sec.
 方向：NNE
 高低潮位變化：2 ft/min.
 基準點：基準點
 比例尺：1/20,000

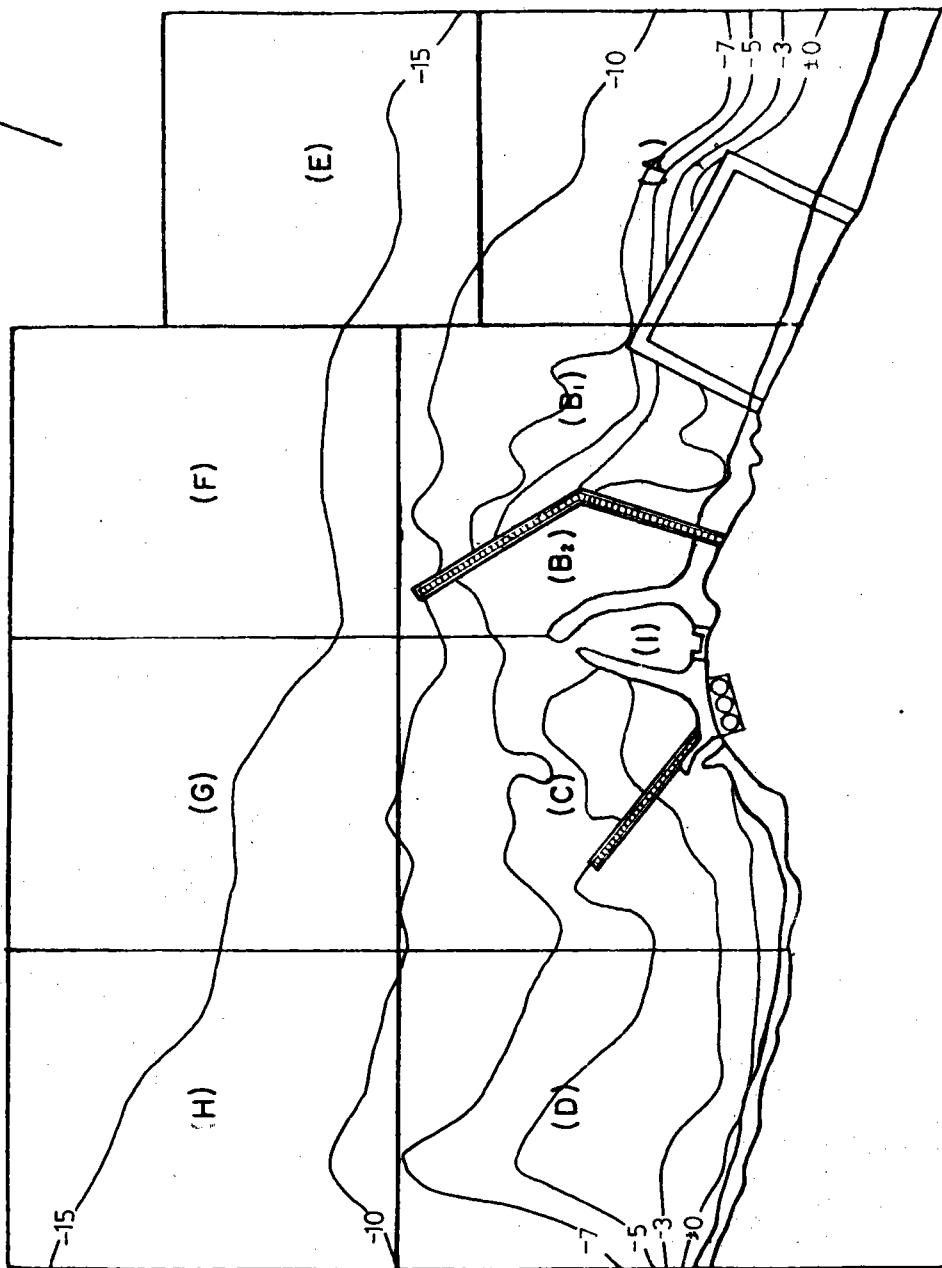


圖 4.97 主試驗VI，造波 9 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

號：主試驗VI
 造波時間：10 hr
 初期地形：72.6.10
 波週期：4 m.
 波向：NNE
 高低潮位變化：12 sec.
 海底：基準點
 潮加量：2 ft/min.
 沙基測量比例尺：1/20,000

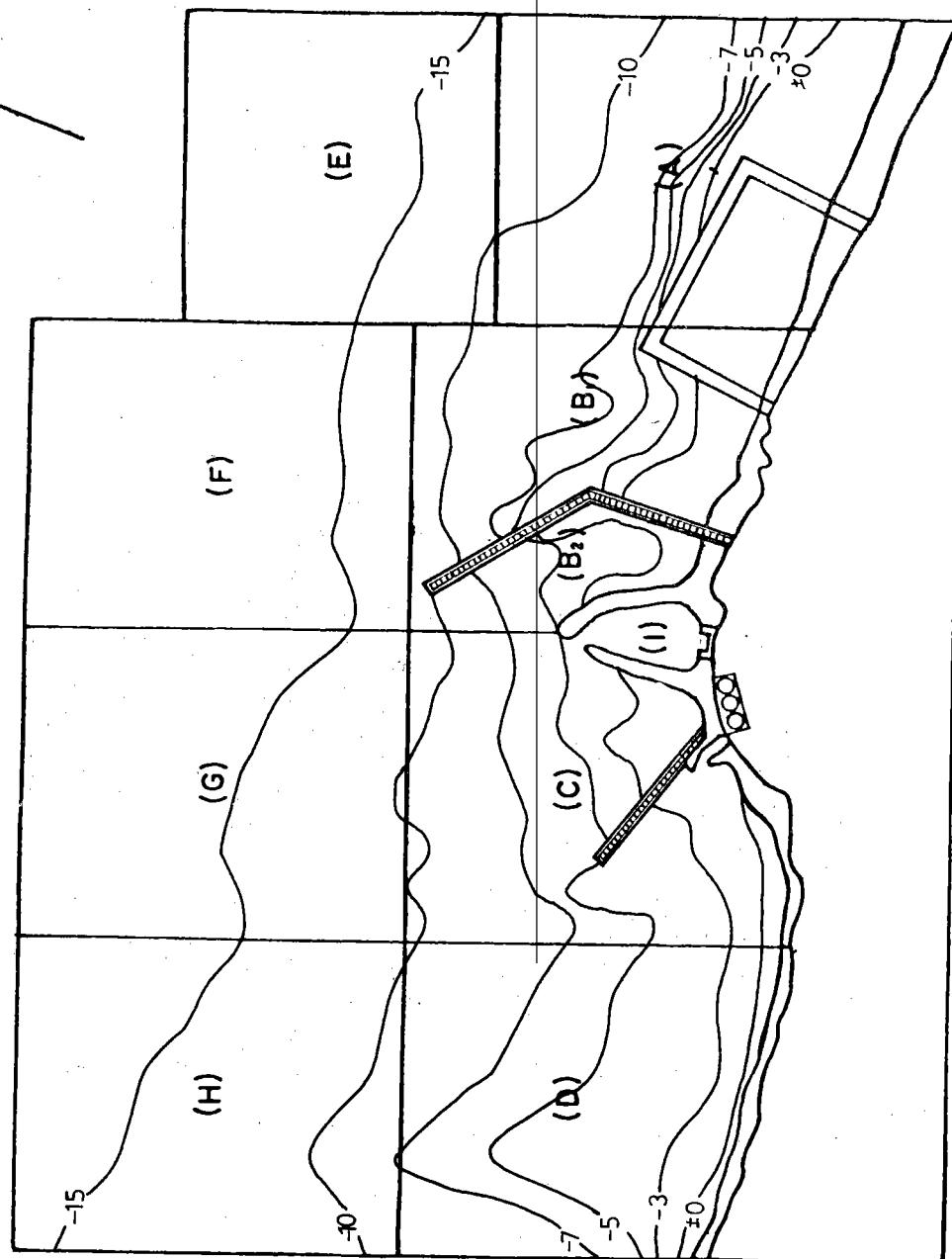


圖 4.98 主試驗VI，造波10小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 試驗 VI
 造波時間 : 11 hr
 初期地形 : 72.6.10
 波浪週期 : 4 m.
 方向 : 12 sec.
 向位 : NNE
 高低潮位變化 : 2 ft/min.
 基準點 : 基準點
 沙量測量比例 : 1/20,000

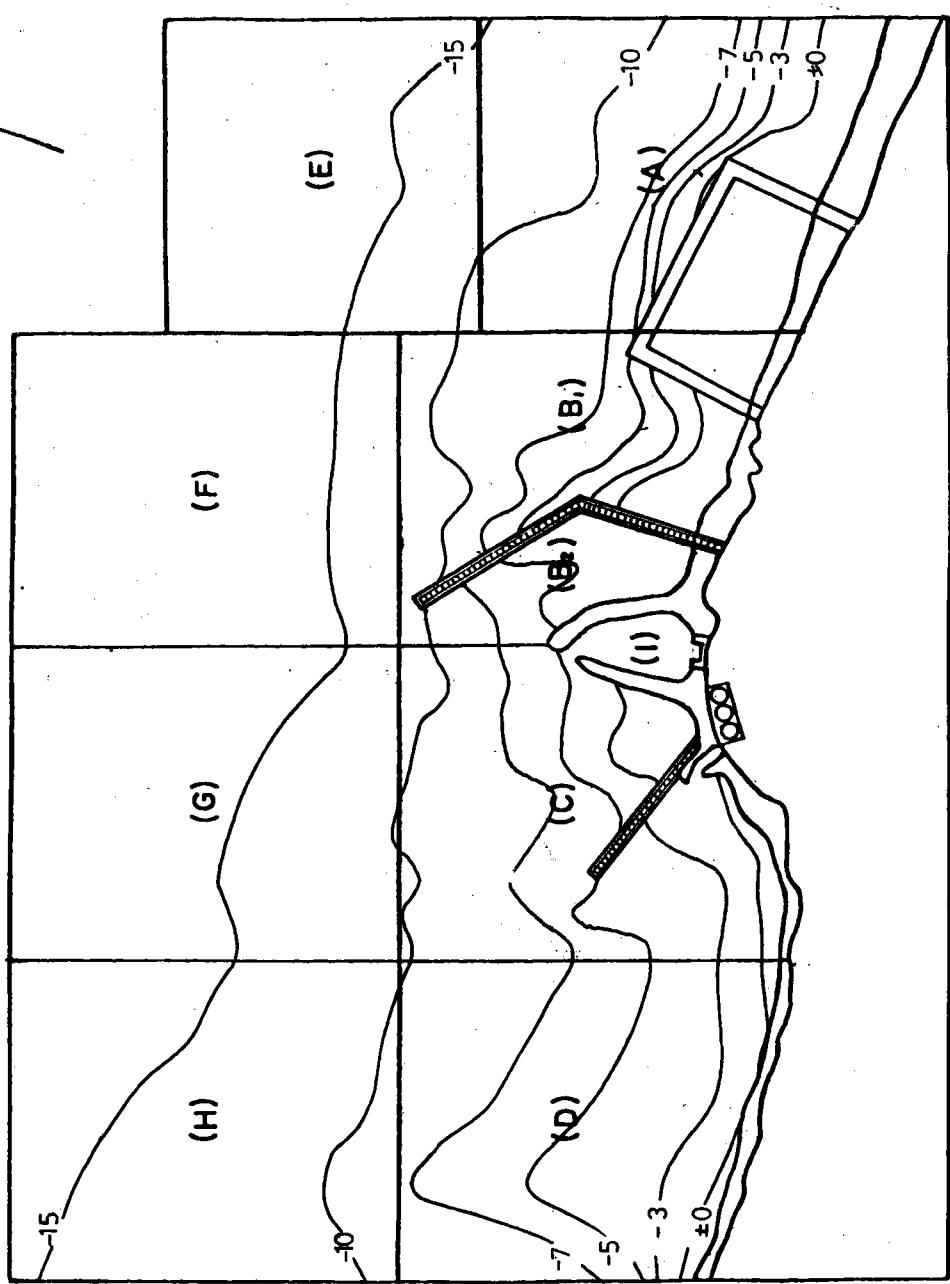


圖 4.99 主試驗 VI，造波 11 小時後之地形

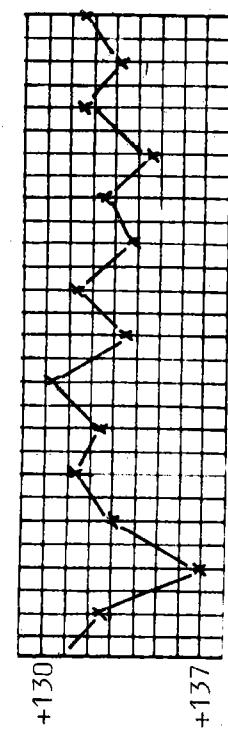


圖 4.111 主試驗VI，F區土方變化圖

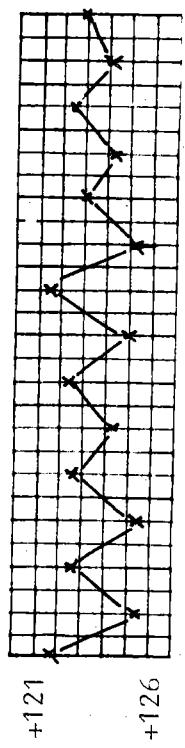


圖 4.112 主試驗VI，G區土方變化圖

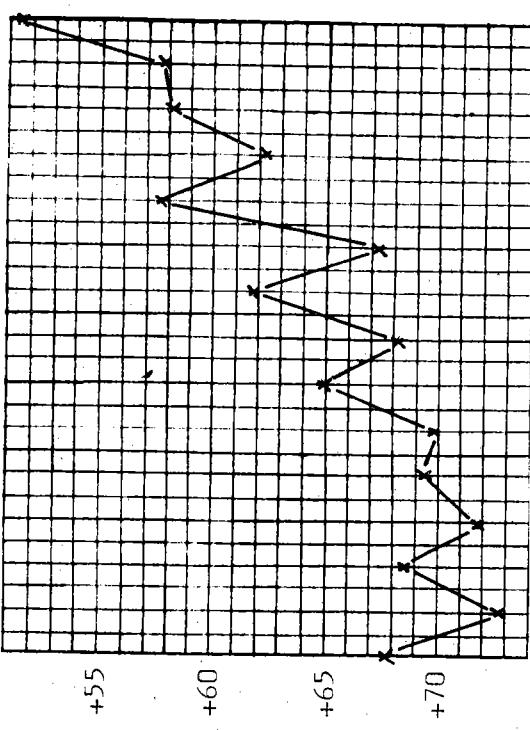


圖 4.113 主試驗VI，I區土方變化圖

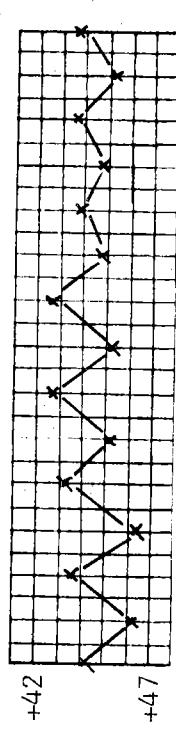


圖 4.114 主試驗VI，A+B₁區土方變化圖

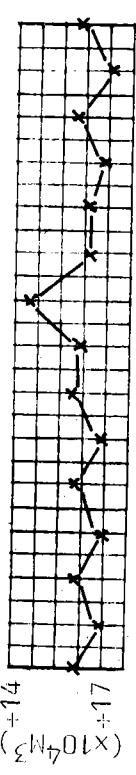
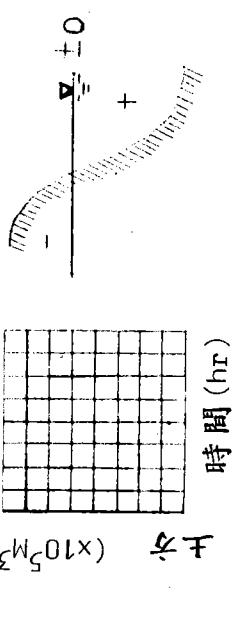
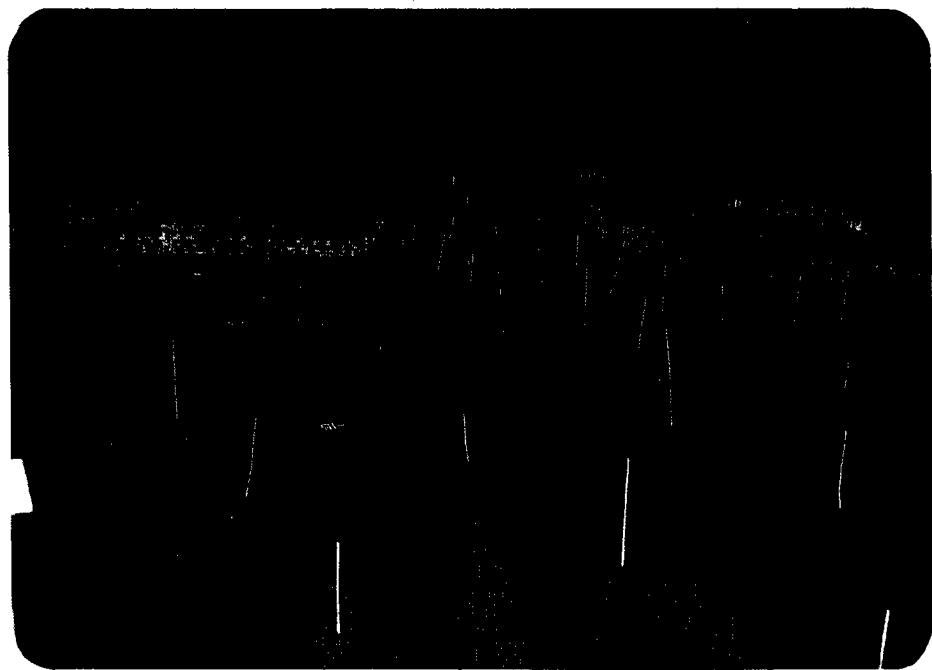


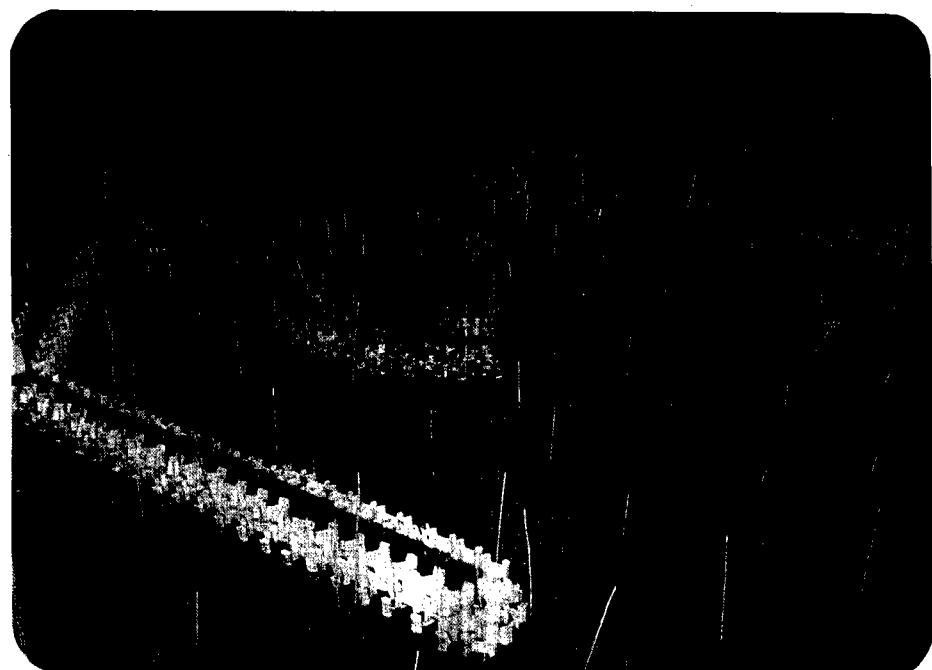
圖 4.115 主試驗VI，B₂+C+I區土方變化圖



時間 (hr)



照片 18 主試驗 VI , 造波前之初期地形



照片 19 主試驗 VI , 造波前之初期地形

附錄一

林口發電廠進出水口防沙突堤之設計與
管線系統單價比較分析

計畫主持人：侯和雄

助理研究員：翁國和

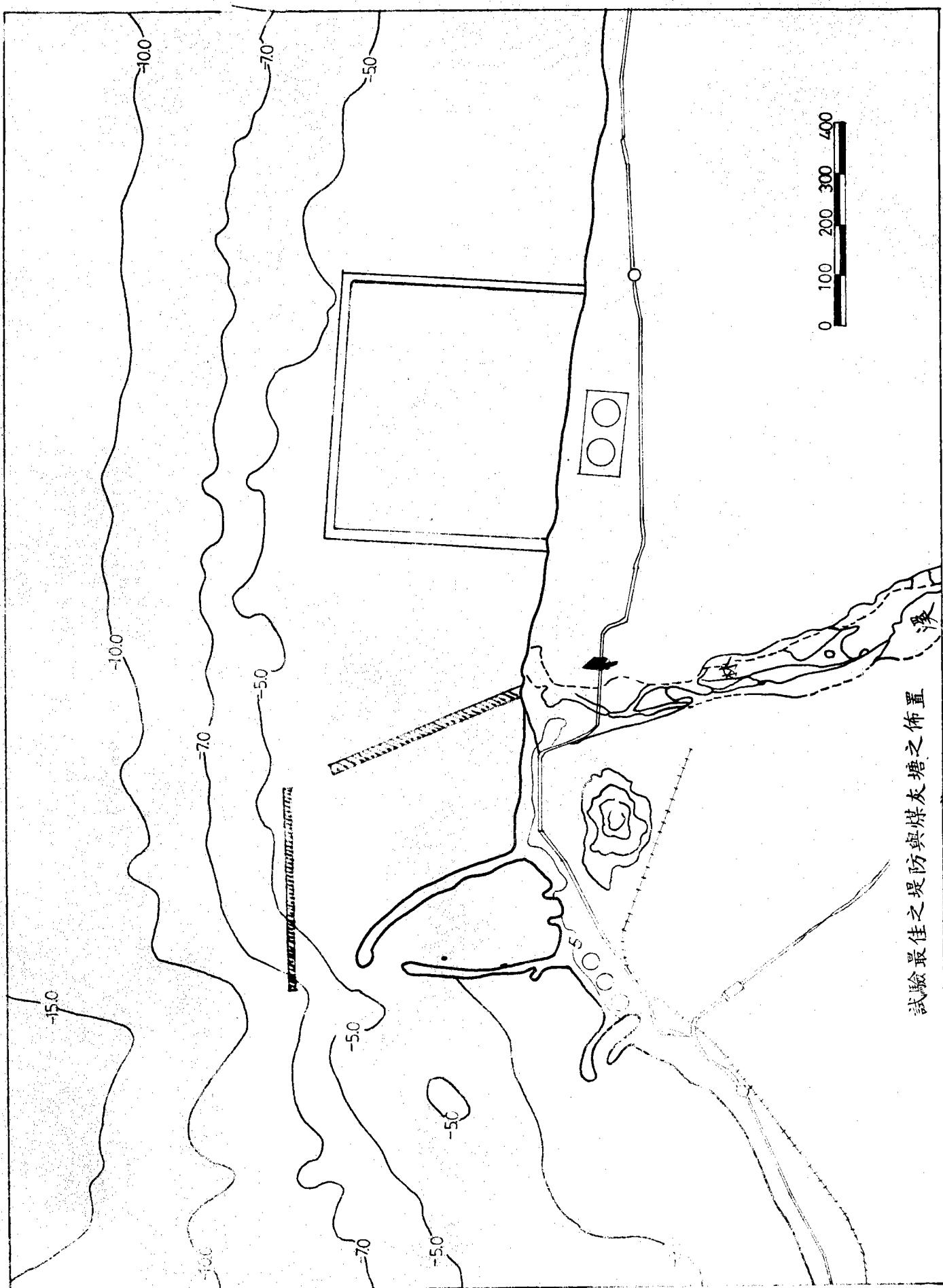
技工：錢爾潔

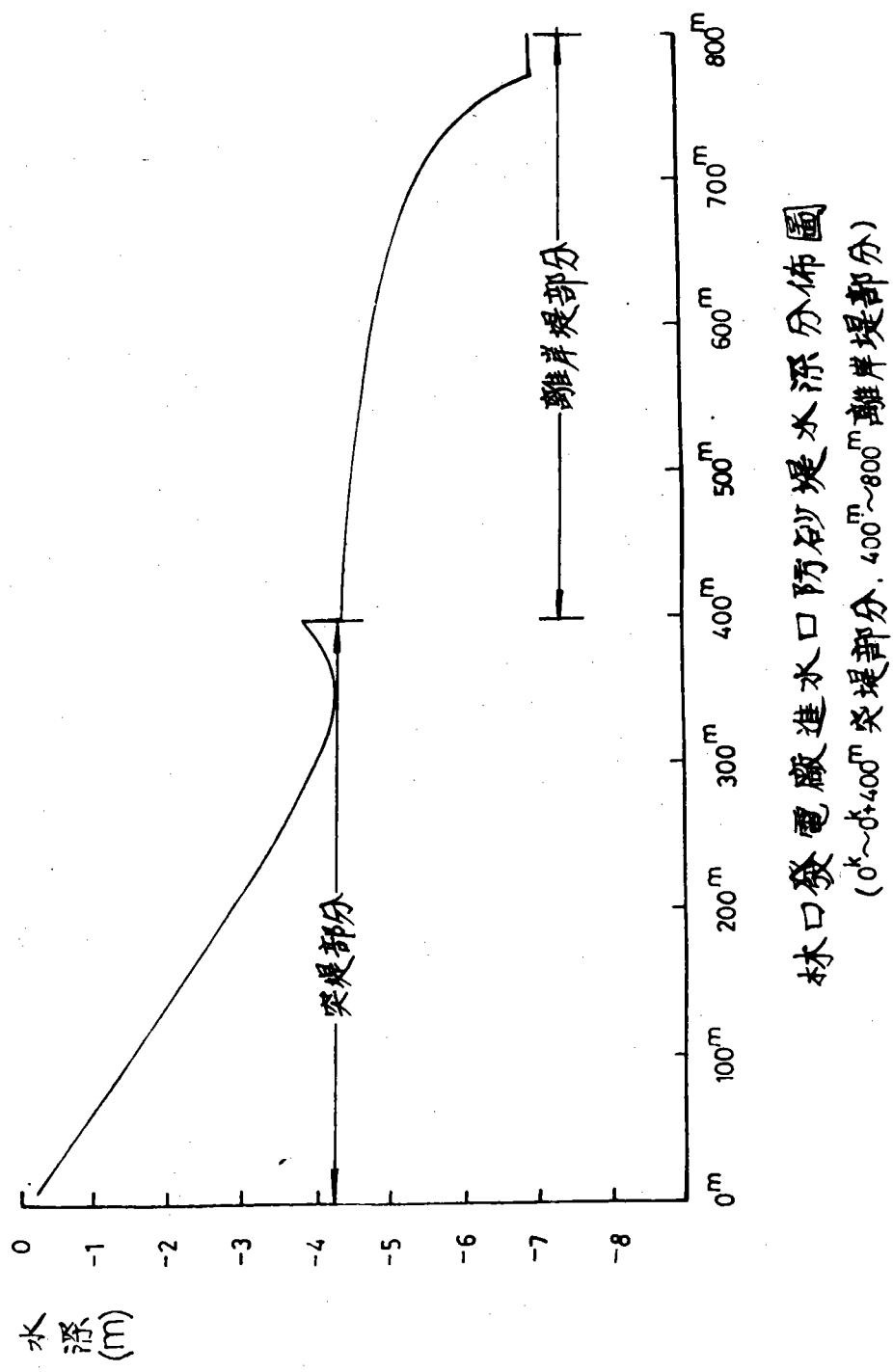
委託單位：台灣電力公司

研究單位：港灣技術研究所

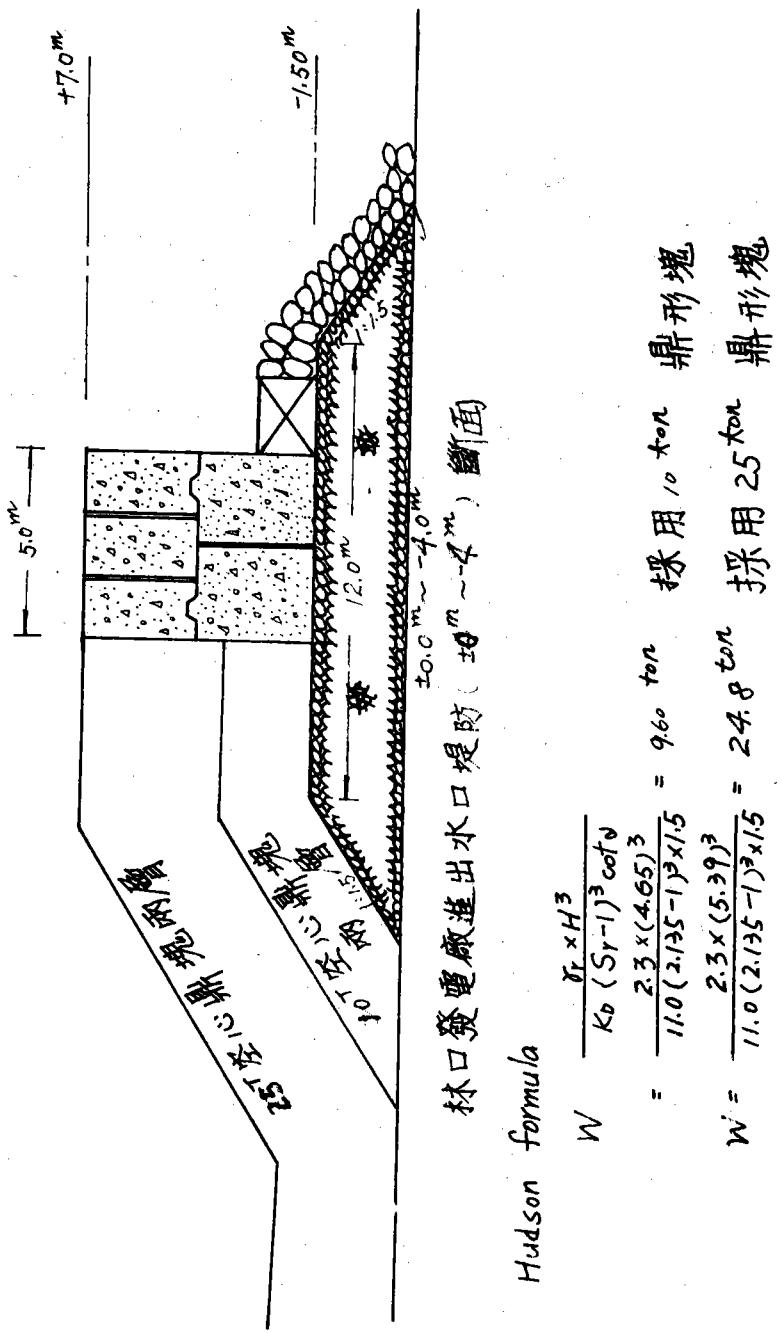
中華民國七十三年三月卅一日

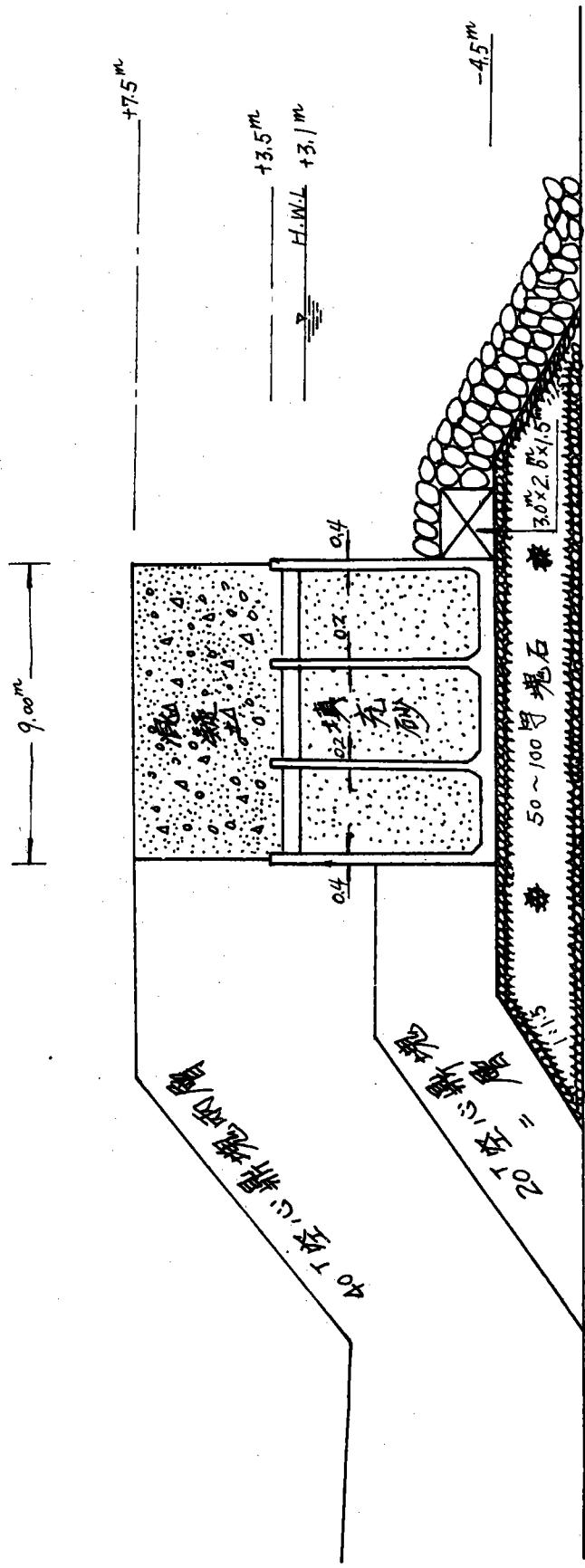
試驗最佳之堤防與煤灰塘之佈置





林口發電廠進水口防砂堤水深分佈圖
(0~400m 突堤部分, 400~800m 離岸堤部分)





林口發電廠進出水口堤防 (-4 m ~ -7 m), 堤面

$$W = \frac{\gamma r \times H^3}{K_0 (S_r - 1)^3 C_{f,d}}$$

$$= \frac{11.0 \times 1.135 \times H^3}{(1.135)^3 \times 1.5}$$

$$\begin{aligned} W &= 20 \text{ ton} \\ H &= 6.56 \text{ m} \\ H &= 9.09 \text{ m} \end{aligned}$$

$$W = 40 \text{ ton}$$

林口發電廠進出水防沙突堤

- 4.0 m 以下，擬採用拋石堤，外加異形消波塊，計長度 400 m

1. 設計潮位 : H . W . L = + 3.10 m

$$L . W . L = - 0.28 m$$

$$M . W . L = + 1.41 m$$

2. 設計水深 : - 4.0 m

3. 設計波浪 : $H_{1/3} = 0.65 \times (4.0 + 3.1) = 4.65 m$

(界限波高) $H_{max} = 0.9 \times (4.0 + 3.1) = 6.39 m$

$$T_{1/3} = 11.5 \text{ sec}$$

4. 波力分析 : $L_o = 1.56 (11.2)^2 = 207$

波壓作用高度

$$\eta = 0.35 \times 2 \times 0.8 \times 6.39 = 7.668$$

$$d / L_o = 0.03423$$

$$d / L = 0.07655$$

$$\pi h / L = 0.2405$$

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left(\frac{4 \times 0.2405}{\sinh(4 \times 0.2405)} \right)^2 = 0.9707$$

$$\alpha_o = 1 - \frac{4.6}{7.1} \left(1 - \frac{1}{\cosh(2 \times 0.2405)} \right) = 0.9316$$

靜水面波壓強度

$$P_1 = 0.8 \times 0.9707 \times 1.03 \times 6.30 = 5.11 t/m^2$$

$$P_4 = P_1 (1 - hc/\eta^*)$$

$$= 5.11 \times \frac{10.1 - 3.9}{10.1} = 3.14 t/m^2$$

$$R = 0.8 \times 4.65 + 3.1 = 6.82 \cong +7.0^m$$

沉箱底面波壓強度 $P_3 = \alpha_3 P_1 = 4.76$

彎矩計算

P · Y

P	Y	
$\frac{1}{2} \times 3.14 \times 3.9 = 6.123$	3.06	18.736

$\frac{1}{2} \times 5.11 \times 4.6 = 11.573$	1.53	17.706
<hr style="border-top: 1px solid black;"/>		<hr style="border-top: 1px solid black;"/>
17.870		36.44

前趾揚壓力

$$P_4 = 0.8 \times 0.9707 \times 0.9316 \times 1.03 \times 6.39 = 4.76 \text{ ton}$$

$$U = \frac{1}{2} \times 4.76 \times 5 = 11.9$$

$$M_u = \frac{2}{3} \times 11.9 \times 5.0 = 39.67$$

$$\text{堤重 } W = 8.5 \times 5.0 \times 1.27 = 53.975$$

$$\frac{1}{2} \times 53.975 \times 5.0 = 134.94$$

安定計算：

$$1. \text{滑動 } S.F. = \frac{0.6(53.975 - 11.9)}{17.876} = 1.4 \geq 1.2$$

$$2. \text{傾倒 } S.F. = \frac{134.94 - 39.67}{36.44} = 2.61 \geq 1.2$$

$$3. \text{基礎承載力 } x = \frac{95.27 - 36.44}{42.075} = 1.398$$

$$e = \frac{5.0}{2} - 1.39 = 1.11 < \frac{B}{3} = 1.67$$

$$p = \frac{2}{3} \times \frac{53.975}{1.11} = 32.42 \text{ t/m}^2$$

O • K •

- 4.0 m 以上擬採用沈箱堤防

1. 潮位 H : W.L = + 3.10 m

$$L - W.L = - 0.28 m$$

2. 離岸堤自 - 4.5 m 至 - 7 m 長度 400 m

設計水深 - 7 m

3. 波浪 (界限波高)

$$H_{\frac{1}{3}} = 0.65(7.0 + 3.10) = 6.56 m$$

$$H_{max} = 0.9(7.0 + 3.10) = 9.09 m$$

$$T_o = 11.5 \text{ sec}$$

4. 斷面設計

$$\text{波力 } L_o = 1.56 (11.5)^2 = 207$$

$$h / L_o = \frac{10.1}{207} = 0.04879$$

$$h / L = 0.09290$$

$$2\pi h / L = 0.5837$$

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left(\frac{1.67}{1.45} \right)^2 = 0.9238$$

$$\alpha_s = 1 - \frac{7.6}{10.1} \left(1 - \frac{1}{1.175} \right) = 0.888$$

$$\eta = 1.5 \times 0.8 \times 9.09 = 10.91 m$$

$$P_1 = 0.8 \times 0.9238 \times 1.03 \times 9.09 = 6.92$$

$$P_s = 0.888 \times 6.92 = 6.144$$

$$P_2 = 6.92 / 1.175 = 5.889$$

$$P_4 = 6.92 \left(1 - \frac{4.4}{10.91} \right) = 4.13$$

$$P_u = 0.8 \times 0.9238 \times 0.888 \times 1.03 \times 9.09 = 6.144$$

$$F = \frac{1}{2} (6.92 + 6.144) \times 7.6 + \frac{1}{2} (4.13 + 6.92) \times 4.4 \\ = 73.95$$

$$M_F = \frac{1}{6} (2 \times 6.92 + 6.144) \times (7.6)^2 + \frac{1}{2} (6.92 + 4.13) \\ \times 7.6 \times 4.4 + \frac{1}{6} (6.92 + 2 \times 4.13) (4.4)^2 \\ = 426.116$$

上揚力 $U = \frac{1}{2} \times 6.144 \times 9.0 = 27.65 \text{ t/m}^2$

$$M_u = \frac{2}{3} UB = 165.9 \text{ t} \cdot \text{m}/\text{m}$$

浮力 $B = 7.6 \times 9.0 \times 1.03 = 70.45 \text{ t/m}$

$$M_b = \frac{1}{2} \times 70.45 \times 9.0 = 317.034 \text{ t} \cdot \text{m}/\text{m}$$

沉箱體積與彎距計算

	V	Y	V · Y
底版	$15.0 \times 9.0 \times 0.5 = 67.5$	0.25	16.875
縱側牆	$15.0 \times 7.5 \times 0.4 \times 2 = 90$	4.25	382.5
縱隔牆	$15.0 \times 7.5 \times 0.2 \times 2 = 45$	4.25	191.25

橫側牆	$9.0 \times 7.5 \times 0.4 \times 2 = 54$	4.25	229.2
橫隔牆	$9.0 \times 7.5 \times 0.2 \times 2 = 27$	4.25	114.75
水平托肩	$0.2 \times 0.2 \times \frac{1}{2} \times 2.2 \times 18 = 0.792$	0.57	0.45
"	$0.2 \times 0.2 \times \frac{1}{2} \times 4.2 \times 18 = 1.512$	0.57	0.862
垂直托肩	$0.2 \times 0.2 \times \frac{1}{2} \times 7.5 \times 36 = 5.4$	4.25	22.95
隅角接合	$0.2 \times 0.2 \times 0.2 \times \frac{1}{3} \times 36 = 0.096$	0.57	0.05472
		290.94	959.19

沈箱重量

$$290.94 \times 2.45 \times 1/15 = 47.52 \text{ t/m}$$

$$Mc = 47.52 \times 4.5 = 213.84 \text{ t.m/m}$$

蓋板

$$V = 2.2 \times 4.2 \times 0.4 \times 9 = 33.264$$

$$W = 33.264 \times 2.3 \times \frac{1}{15} = 5.10$$

$$M = 5.1 \times 9.0 \times \frac{1}{2} = 22.95$$

填充砂

$$\begin{aligned} V &= 9.0 \times 15 \times 8.0 - 290.94 - 0.5 \times 2.2 \times 4.2 \times 9 \\ &= 747.48 \end{aligned}$$

$$W = 748.48 \times 2.0 \times \frac{1}{15} = 99.66$$

$$M = 99.66 \times 9.0 \times \frac{1}{2} = 448.49$$

胸牆混凝土

$$V = 2.5 \times 8.7 + 0.1 \times 7.8 + 1.5 \times 8.7 = 35.58$$

$$W = 35.58 \times 2.3 = 81.834$$

$$M = 81.834 \times 4.5 = 368.253$$

$$\Sigma W = 47.52 + 5.10 + 99.66 + 81.834 = 234.114$$

$$\Sigma M = 368.253 + 448.49 + 22.95 + 213.84 = 1053.533$$

安定計算

$$1. \text{滑動 } S \cdot F = 0.6 \times \left(\frac{234.14 - 70.45 - 27.65}{73.95} \right)$$

$$= 1.28 > 1.2 \quad O \cdot K$$

$$2. \text{傾倒 } S \cdot F = \frac{1053.533 - 165.9}{426.1} = 2.08 > 1.2 \quad O \cdot K$$

$$3. \text{地盤反力 } x = \frac{887.6 - 426.1}{136.04} = 3.37 \text{ m}$$

$$e = \frac{9.0}{2} - 3.37 = 1.13 < \frac{9.0}{3} = 3.0$$

$$p = \frac{2 \times 163.69}{3 \times 1.13} = 48.29 < 50 \text{ t/m}^2 \quad O \cdot K$$

防沙堤工程預估總價約新台幣 3 億元

	數	量	單位	單	價(萬)	總	價(萬元)
一、引堤(拋石堤)	150		公尺	12		3,000	
二、防沙堤(拋石堤)	400		公尺	24		9,600	
三、沈箱塢	1		處			2,700	
四、離岸堤(沈箱堤)	400		公尺	35		14,000	
五、堤頭	3		處	100		300	
六、雜項工程						500	
合計						30,100	

管線取水系統預定總價新台幣 5 億元

1. 管線組合與鑄造	1 億
2. 運送費用	2 千萬
3. 海上土木工程	2 億
4. 海上安裝工程	6 千 5 百萬
5. 近岸及陸上土木工程	6 千 5 百萬
6. 一般臨時作業經費	5 千萬

經上述比較分析，獲知管線取水系統比防沙突堤昂貴，又防沙突堤尚兼具防沙效果，施工容易，有效年限長，在經濟效益上優於管線取水系統。

附 錄 二

茲答覆台灣電力公司對本所「林口發電廠進出水口淤沙防治對策之水工模型試驗改善研究」之審查意見如下：

(一) 意見一：颱風或東北季風強烈時，進口水雖然受到 I, II 改善案堤防之遮蔽，可減少波浪侵襲，唯此時漂沙活動劇烈，又因進水堤口狹小，大量冷卻水抽取，使堤口流速過快，漂沙，垃圾被吸入而淤積堤內。

答覆一：根據試驗，未佈置堤防之前，在東北季風大浪侵襲之下，沿岸流攜帶上游漂沙，往下游運行，經過進水口附近時，由於波浪繞射及部份含沙水流沿著進水口右堤而流入取水區內，若此時恰逢電廠抽取冷卻水，勢必增強進水口之水流，則漂沙和垃圾之數量必增多，此所以林口電廠取水區之年抽沙量高達十萬立方公尺。

但經過佈置對策堤防後，漂沙活動在大浪時雖劇烈，但大部份為對策堤防所擋阻，僅少部份漂沙往下游輸送，而其中流入進水口之中的淤沙量甚少，為將進水口之淤沙量降至最低，本所曾在該報告結論中，建議將對策佈置 II 之堤防延伸至 -10m 處（即延長為 900m），或對策佈置 II 之堤防調整堤身之角度和季風波向垂直，以提高遮蔽進水口之效果，並反射入射波，消減沿岸波能量，則防止淤沙之效果將更好；在本報告中，本所即針對此二建議進行試驗（即對策佈置 V, VI 兩案），由試驗結果得知，其防沙效果甚為良好，儘管電廠大量抽取冷卻水，由於其主要漂沙已遭阻斷，其流入進水口之淤沙已很少量。

(二)意見二：結論與建議內說明Ⅱ案之堤防佈置優於Ⅰ案。

但(1)Ⅰ案造波8小時後-5m，-7m等深線推向進水口堤頭，使該處海底加深，利於取水，而Ⅱ案當造波終了時-3m，-5m，-7m等深線反而向海側移，使進水口淤積不利取水。

(2)Ⅱ案當造波8小時後，進水口北堤與離岸堤和右防沙堤間儲沙已飽和，此時進水口右堤原有水流空隙完全被堵塞，冷却水將完全由堤口引入，增加堤口流速，加速淤積，另尚需開挖，運棄儲沙地積沙，因此Ⅱ案是否優於Ⅰ案？請港研所詳細說明。

答覆二：(1)Ⅰ案之對策佈置於造波開始後，由於突堤佈置之效果不彰，波浪會將進水口堤頭附近海岸之沙帶往下游，於造波8小時後，-5m，-7m等深線推向進水口堤頭，但其坡度變陡，水深變深，雖利於取水，但取水區內已有部份積沙，且進水口堤頭需防大浪時遭到冲刷。

然而Ⅱ案之對策佈置於造波10小時後，雖然-3m，-5m，-7m等深線向海側推移，此乃由於波浪在離岸堤之左堤頭繞射，而使漂沙沉積於進水口外側，但在取水區內，則幾無淤沙。經檢討Ⅰ，Ⅱ兩種型式之對策佈置後，以Ⅱ案較具防沙效果，但為顧及電廠取水，故在該報告中建議調整離岸堤堤身與波向垂直，而於煤灰塘之研究中一併研究，即為本報告中之對策V，由試驗結果得知，此佈置之防沙效果甚佳，且-5m等深線推移至進水口堤頭，利於取水。

(2) 對策佈置Ⅱ案之防沙原理為以突堤阻截上游漂沙，再輔以離岸堤自然補沙於堤後，於突堤離岸堤，進水口右堤三堤圍成之區域為儲沙區，將突堤未完全攔阻之上游漂沙引入此區，沈積於此，此可將向下游輸送之漂沙減至最少，僅有少數漂沙沿著離岸堤靠海側向下游運行，不淤於進水口，因此儲沙區之沙不必挖浚，且可將進水口附近挖浚之淤沙拋於此儲沙區靠岸側，則一方面可達突堤，離岸堤儲沙區之總體防沙目的，他自亦可填築儲沙區，另闢他用。

至於電廠抽取冷卻水，根據試驗，在造波 10 小時候，進水口右堤之中段部份為沙所堵，但前段與後段均未被沙所堵，仍可透水（在現場中，若要達到與此相同之情況，則費時更長）。根據電廠抽水量 452800 GPM 計算，並假設進水口左右二堤均為不透水，冷卻水完全由進水口流入，則其流速約為 13 cm/sec 。可帶動細泥，但目前取水區之年淤沙量達十萬立方公尺，主要是由波浪和海流沖淤而成；何況進水口右堤並未完全堵塞，左堤也未受淤沙影響，電廠抽取之冷卻水亦可由堤身之水流空隙流入，因此由電廠抽取冷卻水而引起之淤沙甚少。就前述各項因素考慮，對策佈置 V 案（即Ⅱ案之修正案）之效果最佳。

參考文獻

1. A. T. Ippen (1971), 「Estuary and Coastline Hydrodynamics.」
2. U. S. Army Coastal Engineering Research Center (1973), 「Shore Protection Planning and Design」.
3. M. Selim Yalin (1971), 「Theory of hydraulic Models」.
4. Toru Sawaragi (1983), 「Some Considerations about Scale Relations in a Movable Bed Scale Model in a Coastal Region」.
5. 湯麟武(1971)「海岸工程規劃設計」農復會特刊新二號。
6. 「林口電廠海域漂沙調查報告」台灣電力公司電源探勘隊。
7. 侯和雄、李忠潘、翁國和、廖泰璋等(1980)。「台灣東北灣形沙岸漂沙及海岸保全活動床模型試驗研究報告」。
8. 侯和雄、李忠潘(1980)「台灣中西部海岸沿岸漂沙與波浪關係之研究」第十七屆國際海岸工程會議論文集，澳洲雪梨，1980年3月23—28日。
9. 侯和雄、廖泰璋(1982)「淡水第二漁港闢建施工期漂沙試驗研究報告」，台灣技術服務社。
10. 侯和雄(1982)「環島航運港址調查暨規劃設計研究」交通處港灣技術研究所月刊第七號。
11. 侯和雄(1983)「海岸、港灣規劃與設計」交通處港灣技術研究所專刊第九號。
12. 侯和雄、廖泰璋(1983)「林口發電廠進出水口淤沙防治對策之水工模型試驗改善研究」交通處港灣技術研究所專刊第十二號。