

委託機關：台灣電力公司

計畫名稱：林口發電廠進出水口淤沙防治與熱擴散對策之水工模型試驗

暨改善研究

金額：新台幣貳佰伍拾伍萬捌仟元整

時間：自民國七十二年四月一日起至七十三年三月三十一日止

計畫主持人：副所長 侯 和 雄

研究人員：黃 清 和

歐陽餘慶

曾 哲 茂

翁 國 和

研究助理：廖 泰 璋

助 理：廖慶堂、江金德

技 工：曾文傑、陳正義、張富東、張阿平、蔡金吉、李永勝、何炳

紹、林振田、蔡瑞成、錢爾潔、柯正龍、劉秀滿

目 錄

壹、前 言	1
貳、試驗設備	3
參、自然調查資料	5
一、風及波浪	5
二、河川輸砂量	5
三、海岸漂沙	6
四、漂沙量估算	9
五、潮汐及潮流	10
肆、模型縮尺與模型製作	27
一、前 言	27
二、模型縮尺之選定	27
三、試驗模擬獲致之相似性	28
四、模型製作	29
伍、試驗波浪率定及試驗方法	33
一、試驗波浪之率定	33
二、試驗方法	33
陸、試驗經過及成果	37
一、前 言	37
二、預備試驗	37
三、漂沙主試驗	87
柒、結論與建議	131

附 圖 目 錄

圖 1	林口發電廠位置圖	2
圖 2	民國60年林口電廠近岸水深測量圖	11
圖 3	民國64年10月林口電廠近岸水深測量圖	12
圖 4	民國66年5月林口電廠近岸水深測量圖	13
圖 5	民國66年10月林口電廠近岸水深測量圖	14
圖 6	民國67年6月林口電廠近岸水深測量圖	15
圖 7	民國72年6月林口電廠近岸水深測量圖	16
圖 8	0米等深線歷年變化圖	18
圖 9	5米等深線歷年變化圖	19
圖 10	10米等深線歷年變化圖	20
圖 11	15米等深線歷年變化圖	21
圖 12	縱剖面位置及漂沙量估算分區圖	22
圖 13	林口電廠B區土方變化圖	23
圖 14	林口電廠C區土方變化圖	23
圖 15	林口電廠B, C區土方變化圖	23
圖 16	林口海岸模型試驗潮汐變化週期圖	24
圖 17	林口海域表層潮流橢圓分析圖 (-3 ^m , 等深線-12 ^m 處)	25
圖 18	林口海域表層潮流橢圓分析圖 (-9 ^m , 等深線-12 ^m 處)	26
圖 19	林口漂沙模型試驗用砂	31
圖 20	林口漂沙模型試驗加砂地點示意圖	36
圖 21	預備試驗 I 波浪作用前之初期地形	39
圖 22	預備試驗 I 波浪作用 10 分鐘後之地形	40
圖 23	預備試驗 I 波浪作用 20 分鐘後之地形	41

圖 24	預備試驗 I	波浪作用 30分鐘後之地形	.....	42
圖 25	預備試驗 I	波浪作用 60分鐘後之地形	.....	43
圖 26	預備試驗 I	波浪作用 90分鐘後之地形	.....	44
圖 27	預備試驗 I	波浪作用 120分鐘後之地形	.....	45
圖 28	預備試驗 I	波浪作用 150分鐘後之地形	.....	46
圖 29	預備試驗 I	波浪作用 180分鐘後之地形	.....	47
圖 30	預備試驗 I	波浪作用 240分鐘後之地形	.....	48
圖 31	預備試驗 I	進水口中心剖面變化圖	.....	49
圖 32	預備試驗 I	A區土方變化圖	.....	50
圖 33	預備試驗 I	B區土方變化圖	.....	50
圖 34	預備試驗 I	C區土方變化圖	.....	50
圖 35	預備試驗 I	D區土方變化圖	.....	50
圖 36	預備試驗 I	E區土方變化圖	.....	50
圖 37	預備試驗 I	F區土方變化圖	.....	51
圖 38	預備試驗 I	G區土方變化圖	.....	51
圖 39	預備試驗 I	H區土方變化圖	.....	51
圖 40	預備試驗 I	I區土方變化圖	.....	51
圖 40.1	預備試驗 I	B + C區土方變化圖	.....	51
圖 41	預備試驗 II	波浪作用前之初期地形	.....	55
圖 42	預備試驗 II	波浪作用 1小時後之地形	.....	56
圖 43	預備試驗 II	波浪作用 2小時後之地形	.....	57
圖 44	預備試驗 II	波浪作用 3小時後之地形	.....	58
圖 45	預備試驗 II	波浪作用 4小時後之地形	.....	59
圖 46	預備試驗 II	波浪作用 5小時後之地形	.....	60
圖 47	預備試驗 II	波浪作用 6小時後之地形	.....	61

圖 48	預備試驗 II	波浪作用 7 小時後之地形	62
圖 49	預備試驗 II	進水口中心剖面變化圖	63
圖 50	預備試驗 II	A 區土方變化圖	64
圖 51	預備試驗 II	B 區土方變化圖	64
圖 52	預備試驗 II	C 區土方變化圖	64
圖 53	預備試驗 II	D 區土方變化圖	64
圖 54	預備試驗 II	E 區土方變化圖	64
圖 55	預備試驗 II	F 區土方變化圖	65
圖 56	預備試驗 II	G 區土方變化圖	65
圖 57	預備試驗 II	H 區土方變化圖	65
圖 58	預備試驗 II	I 區土方變化圖	65
圖 58.1	預備試驗 II	B + C 區土方變化圖	65
圖 59	預備試驗 III	波浪作用前之初期地形	70
圖 60	預備試驗 III	波浪作用 1 小時後之地形	71
圖 61	預備試驗 III	波浪作用 2 小時後之地形	72
圖 62	預備試驗 III	波浪作用 3 小時後之地形	73
圖 63	預備試驗 III	波浪作用 4 小時後之地形	74
圖 64	預備試驗 III	波浪作用 5 小時後之地形	75
圖 65	預備試驗 III	波浪作用 6 小時後之地形	76
圖 66	預備試驗 III	波浪作用 7 小時後之地形	77
圖 67	預備試驗 III	進水口中心剖面圖	78
圖 68	預備試驗 III	A 區土方變化圖	79
圖 69	預備試驗 III	B 區土方變化圖	79
圖 70	預備試驗 III	C 區土方變化圖	79
圖 71	預備試驗 III	D 區土方變化圖	79

圖 72	預備試驗 III	E 區土方變化圖	.....	79
圖 73	預備試驗 III	F 區土方變化圖	.....	80
圖 74	預備試驗 III	G 區土方變化圖	.....	80
圖 75	預備試驗 III	H 區土方變化圖	.....	80
圖 76	預備試驗 III	I 區土方變化圖	.....	80
圖 76.1	預備試驗 III	B + C 區土方變化圖	.....	80
圖 77	預備試驗 III	A 區代表點之水深—時間變化圖	.....	81
圖 78	預備試驗 III	B 區代表點之水深—時間變化圖	.....	81
圖 79	預備試驗 III	C 區代表點之水深—時間變化圖	.....	82
圖 80	預備試驗 III	D 區代表點之水深—時間變化圖	.....	82
圖 81	預備試驗 III	G 區代表點之水深—時間變化圖	.....	83
圖 82	預備試驗 III	I 區代表點之水深—時間變化圖	.....	83
圖 83	預備試驗 III	流況分佈圖	.....	84
圖 84	主試驗 I	堤防佈置與流況分佈圖	.....	90
圖 85	主試驗 II	堤防佈置與流況分佈圖	.....	91
圖 86	主試驗 I	波浪作用前之初期地形	.....	92
圖 87	主試驗 I	波浪作用 1 小時後之地形	.....	93
圖 88	主試驗 I	波浪作用 2 小時後之地形	.....	94
圖 89	主試驗 I	波浪作用 3 小時後之地形	.....	95
圖 90	主試驗 I	波浪作用 4 小時後之地形	.....	96
圖 91	主試驗 I	波浪作用 5 小時後之地形	.....	97
圖 92	主試驗 I	波浪作用 6 小時後之地形	.....	98
圖 93	主試驗 I	波浪作用 7 小時後之地形	.....	99
圖 94	主試驗 I	波浪作用 8 小時後之地形	.....	100
圖 95	主試驗 I	A 區土方變化圖	.....	101

圖 96	主試驗 I	B ₁ 區土方變化圖	.....	101
圖 97	主試驗 I	B ₂ 區土方變化圖	.....	101
圖 98	主試驗 I	C 區土方變化圖	.....	101
圖 99	主試驗 I	D 區土方變化圖	.....	101
圖 100	主試驗 I	E 區土方變化圖	.....	101
圖 101	主試驗 I	F 區土方變化圖	.....	102
圖 102	主試驗 I	G 區土方變化圖	.....	102
圖 103	主試驗 I	H 區土方變化圖	.....	102
圖 104	主試驗 I	I 區土方變化圖	.....	102
圖 104.1	主試驗 I	B ₁ + B ₂ + C區土方變化圖	.....	102
圖 105	主試驗 I	A 區代表點之水深一時間變化圖	.....	103
圖 106	主試驗 I	B ₁ 區代表點之水深一時間變化圖	.....	103
圖 107	主試驗 I	B ₂ 區代表點之水深一時間變化圖	.....	104
圖 108	主試驗 I	C 區代表點之水深一時間變化圖	.....	104
圖 109	主試驗 I	D 區代表點之水深一時間變化圖	.....	105
圖 110	主試驗 I	I 區代表點之水深一時間變化圖	.....	105
圖 111	主試驗 I	堤防佈置與分區座標圖	.....	106
圖 112	主試驗 II	波浪作用前之初期地形	.....	111
圖 113	主試驗 II	波浪作用 1 小時後之地形	.....	112
圖 114	主試驗 II	波浪作用 2 小時後之地形	.....	113
圖 115	主試驗 II	波浪作用 3 小時後之地形	.....	114
圖 116	主試驗 II	波浪作用 4 小時後之地形	.....	115
圖 117	主試驗 II	波浪作用 5 小時後之地形	.....	116
圖 118	主試驗 II	波浪作用 6 小時後之地形	.....	117
圖 119	主試驗 II	波浪作用 7 小時後之地形	.....	118

圖 120	主試驗 II	波浪作用 8 小時後之地形	119
圖 121	主試驗 II	波浪作用 9 小時後之地形	120
圖 122	主試驗 II	波浪作用 10 小時後之地形	121
圖 123	主試驗 II	A 區土方變化圖	122
圖 124	主試驗 II	B ₁ 區土方變化圖	122
圖 125	主試驗 II	B ₂ 區土方變化圖	122
圖 126	主試驗 II	C 區土方變化圖	122
圖 127	主試驗 II	D 區土方變化圖	122
圖 128	主試驗 II	E 區土方變化圖	122
圖 129	主試驗 II	F 區土方變化圖	123
圖 130	主試驗 II	G 區土方變化圖	123
圖 131	主試驗 II	H 區土方變化圖	123
圖 132	主試驗 II	I 區土方變化圖	123
圖 132	主試驗 II	B ₁ + B ₂ + C 區土方變化圖	123
圖 133	主試驗 II	A 區代表點之水深一時間變化圖	124
圖 134	主試驗 II	B ₁ 區代表點之水深一時間變化圖	124
圖 135	主試驗 II	B ₂ 區代表點之水深一時間變化圖	125
圖 136	主試驗 II	C 區代表點之水深一時間變化圖	125
圖 137	主試驗 II	D 區代表點之水深一時間變化圖	126
圖 138	主試驗 II	I 區代表點之水深一時間變化圖	126
圖 139	主試驗 II	堤防佈置與分區座標圖	127
圖 140	主試驗 I	堤防修正後之佈置	133
圖 141	主試驗 II	堤防修正後之佈置	134

附表目錄

表一	林口發電廠附近海岸縱剖面坡度表	7
表二	林口發電廠附近海岸區土方變化表	10
表三	漂沙預備試驗與主試驗各種狀況表	34

壹、前 言

林口發電廠之進出水口位於台灣西海岸之西北角，東有林口溪、淡水河，西有南崁溪（如附圖 1），由於附近海域波能量高，漂沙移動量較大，携運入進水口取水區域內淤積，嚴重影響電廠冷卻水供輸水之運行，針對於此，台灣電力公司委託本所研究林口附近海域漂沙形態，以謀求改善之最佳對策，期能獲致防浪、防沙兼具，且對鄰近區域產生最小漂沙影響之堤防佈置。

本漂沙模型試驗工作，於大型試驗池（ $60\text{ m} \times 45\text{ m} \times 1\text{ m}$ ）中進行模型製作，始於民國七十二年八月一日，全部漂沙改善試驗，並於七十二年十一月三日結束。先後進行三種預備試驗，二種主試驗，謹此將試驗經過及結果略述如后：

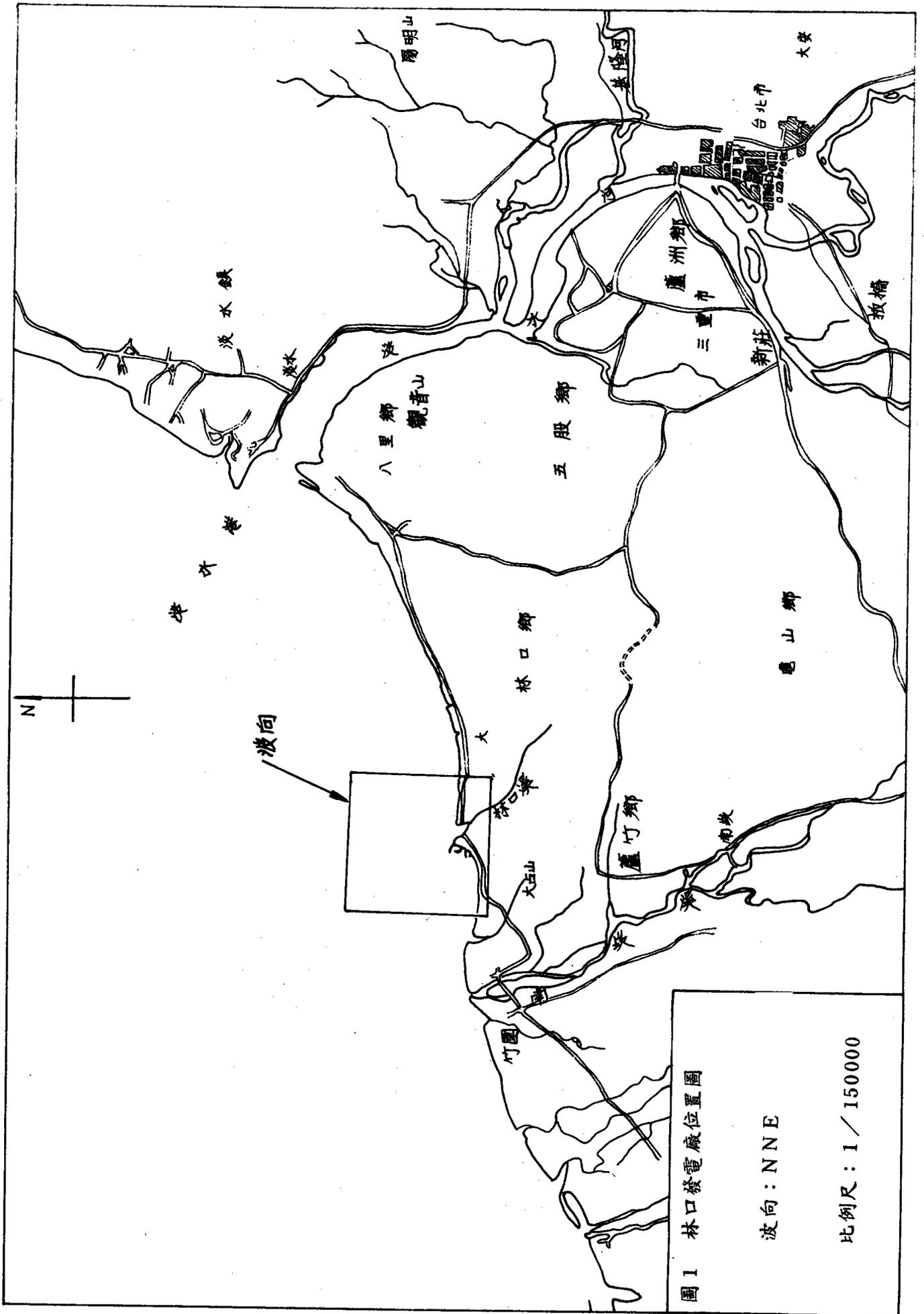


圖1 林口發電廠位置圖
 波向：NNE
 比例尺：1 / 150000

貳、試驗設備

一、大型試驗水池：長 60 公尺，寬 45 公尺，深 1 公尺其內設有：

1. 錘擊式造波機：

由三十匹馬力馬達帶動變速機及偏心輪，使三角形槽式造波板上下錘擊水面以造出模型波。試驗所需波浪之週期及波高可調整變速機之變速比及偏心距獲得。造波機安裝在半圓形鐵軌上藉齒輪可以變換位置製造現地海岸各種方向之波浪。

2. 環流系統：

試驗池兩端各設進水及排水槽各一道，寬 1 公尺，深 2 公尺與室外蓄水池間設有管路及控制水閘。室外蓄水池裝有 40 匹馬力抽水機一座，以 30 公分輸水管分別通至兩水槽，作為環流之給水系統。兩水槽與試驗池之隔牆上裝置木閘 41 處控制模型內海流之流速分布。並利用控制閘調節流量。

3. 潮汐自動控制儀：

由電子計時器及控制器自動調節空壓機分配至各控制閘之壓力，使控水閘作週期性啓動關閉，控制進出試驗池水量，俾試驗水池內水位能作連續正弦變化以模擬現場潮汐曲線變化現象。

4. 導波板：

在造波板兩端沿波浪方向平行裝置，引導波浪至一定方向，以避免該試驗波浪能量擴散。

二、蓄水池：長 60 公尺，寬 14 公尺，深 2.65 公尺為鋼筋混凝土建築，蓄水量約 2,200 公噸，四週裝置鐵絲網，池之南端鑿井兩口，深 120 公尺，並設置抽水機抽取地下水過濾後，供試驗用。

三、測定儀器：

1. 容量型波高儀 (Capacitance Type Wave Meter) 為試驗用波浪測定儀器，係將水面起伏變化，先經一對白金電容線感受器轉變為電阻變化，藉惠氏登電橋換成電流，再經增幅器 (Amplifier) 予以放大後變成電壓，經由自動記錄儀 (Oscillograph) 記錄波形變化或經電腦類比數據轉換器獲得波浪資料。
2. 水平儀：測量漂沙地形變化高程，採用網格法以計算模型漂沙堆積或沖刷量。

叁、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。本所對林口發電廠近岸，作下列之觀測調查：

- 一、地形測量
- 二、水深測量
- 三、海岸線變化勘測
- 四、海底海灘採砂
- 五、潮流測量
- 六、漂沙測量
- 七、氣象觀測
- 八、波浪觀測
- 九、潮汐觀測
- 十、現場溫度量取

上述調查資料應用在模型試驗之自然條件，敘述如下：

- 一、風及波浪：本區最盛行之風為東北季風，而波向為北北東。
- 二、河川輸砂量：

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公里處有南坎溪。林口海岸距此三條河流甚近，故地形變遷當受此三條河流携運沈滓出河口產生之影響，為謀求對策則須考慮此三條河流對海岸平衡之影響。

根據 C E C 應用 Schoklitsh 氏河床底質 (bed load) 之計算
模式：

$$G = 7,000 / \sqrt{D} \cdot S^{3/2} (Q - Bq_0)$$

式中 G : 河底質輸砂量 (kg/sec)

D : 河底質代表粒徑 (mm)

S : 水面坡降

B : 河道水面寬 (m)

Q : 流量 (cms)

$$q_0 : 0.001944 D / S^{4/3} (m^3 / sec / m)$$

輸砂量總計：

淡水河： 6.095×10^6 MT

林口溪：甚微

南崁溪： 0.587×10^6 MT

三、海岸漂沙

根據海軍海洋測量局，電源探勘隊，以及本所海上施測 (水深測量詳見附錄) 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 月等水深測量圖 (如附圖 2、3、4、5、6、7) 及海底採沙結果分析研判如下：

1. 海岸地形分析，根據水深測量圖，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 12 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 m - 20 m 之間，其坡度更平均 1 / 300 左右，而在 0 m ~ - 15 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 $0.3 \sim 0.4 \text{ mm}$ ，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，亦知漂沙為南北向，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，故下游地區之南坎溪影響不大。

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沙，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8、9、10、11）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。

四、漂沙量估算：

1. 波能量法：乃為海灘底質之沙或小石子受波浪或水流作用而沿海岸運行，因此漂沙量與波能量有密切之關係，如有足夠之波浪記錄，多以經驗公式推算，依據美國海岸防蝕局 (Beach Erosion Board) 公式：

$$Q : 0.000217 E_i$$

$$Q : \text{漂沙量 } m^3 / hr$$

E_i : 波浪能量之沿岸分量

$$E_i : 225 \gamma_w (H_o \cdot Kr)^2 \cdot C_{gb} \sin 2\alpha_o$$

C_{gb} : 碎波點波浪群速度 (Group velocity)

Kr : 折射係數

α_o : 碎波波峰線與海岸線之夾角

此公式為美國陸軍工程師兵團綜合試驗之結果，適用於海底坡度 ($1/50 \sim 1/100$) 砂粒徑 $0.1 \sim 0.4$ 公厘，此公式經適當修正，可應用於林口海岸，以估算漂沙量。

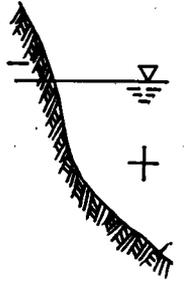
2. 土方變化量：

利用在現場海岸築堤予以試驗，由堤興建後逐年測得兩側堆積或侵蝕數量，可求得海灘之平均年漂沙量之正確值，惟現場築堤試驗法以推求漂沙量耗資甚大且需時數年之久，今正可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 64 年 10 月、66 年 5 月、66 年 10 月、67 年 6 月、72 年 6 月林口海岸水深測量圖，以進水口為基準，將附近水域及 C 兩區 (如圖 12)，以網格法 (Mesh Method) 計算兩區土方之變為 B 分化量。

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

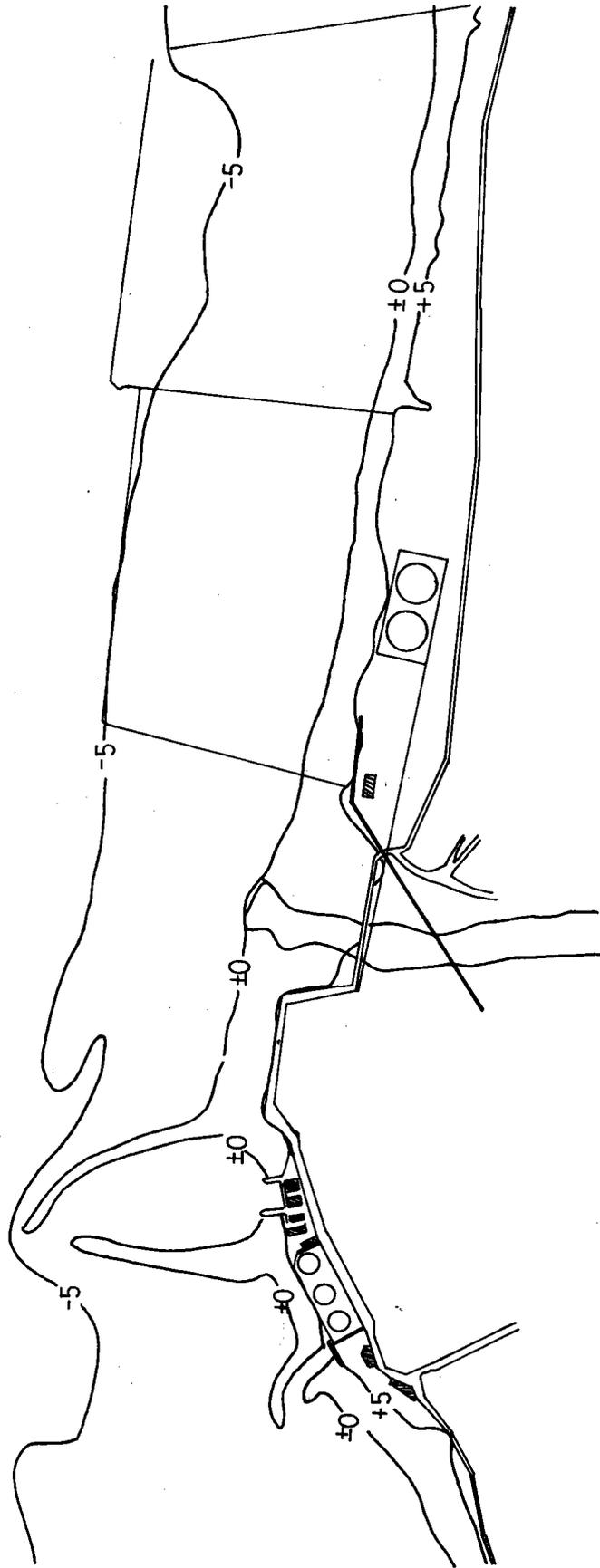
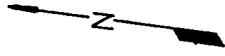
數 日 期	區 量 別	B (m ³)	C (m ³)	B+C (m ³)	備 註
64年10月		+ 4,241,981	+ 3,808,239	+ 8,050,220	
66年5月		+ 3,700,154	+ 3,439,137	+ 7,139,291	
66年10月		+ 3,699,599	+ 3,301,452	+ 7,001,051	
67年6月		+ 3,873,096	+ 3,398,998	+ 7,272,094	
72年6月		+ 3,300,575	+ 3,443,207	+ 6,743,782	

其變化情形如圖 13、14、15，由圖可知，進水口上游（即圖 12 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，其淤積值平均每年約為 37.5 萬立方。

五、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，其週期變化如圖 16，而當地潮流經實測分析後，可大到 0.75 m/sec，為沿岸走向，如圖 17、18。

60年 S-1/10000



~ ~ ~

圖 2 民國 60 年林口電廠近岸水深測量圖

64年10月 S=1/10000

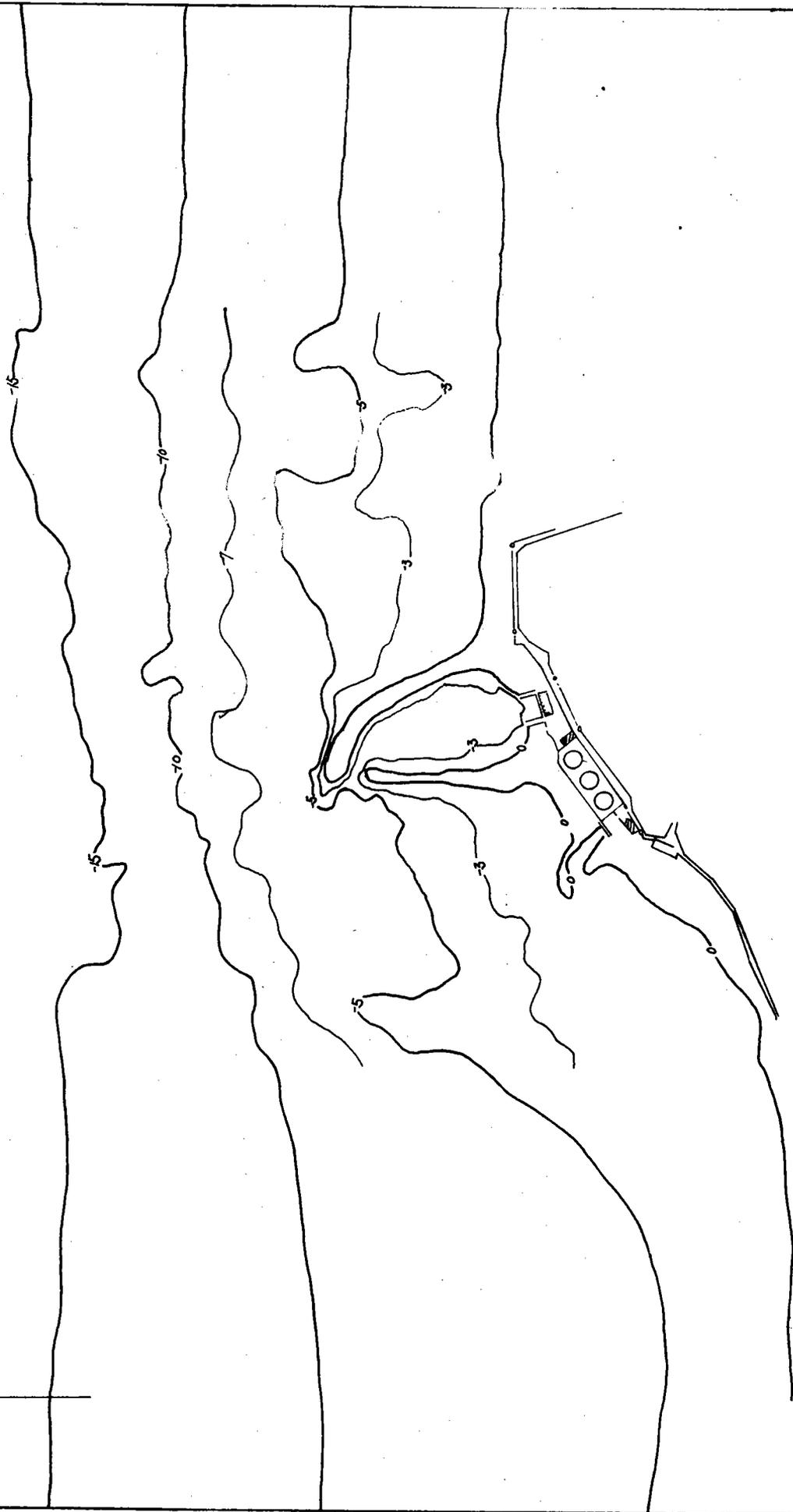
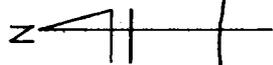


圖3 民國64年10月林口電廠近岸水深測量圖

66年 5月 31日 S = 1/10000

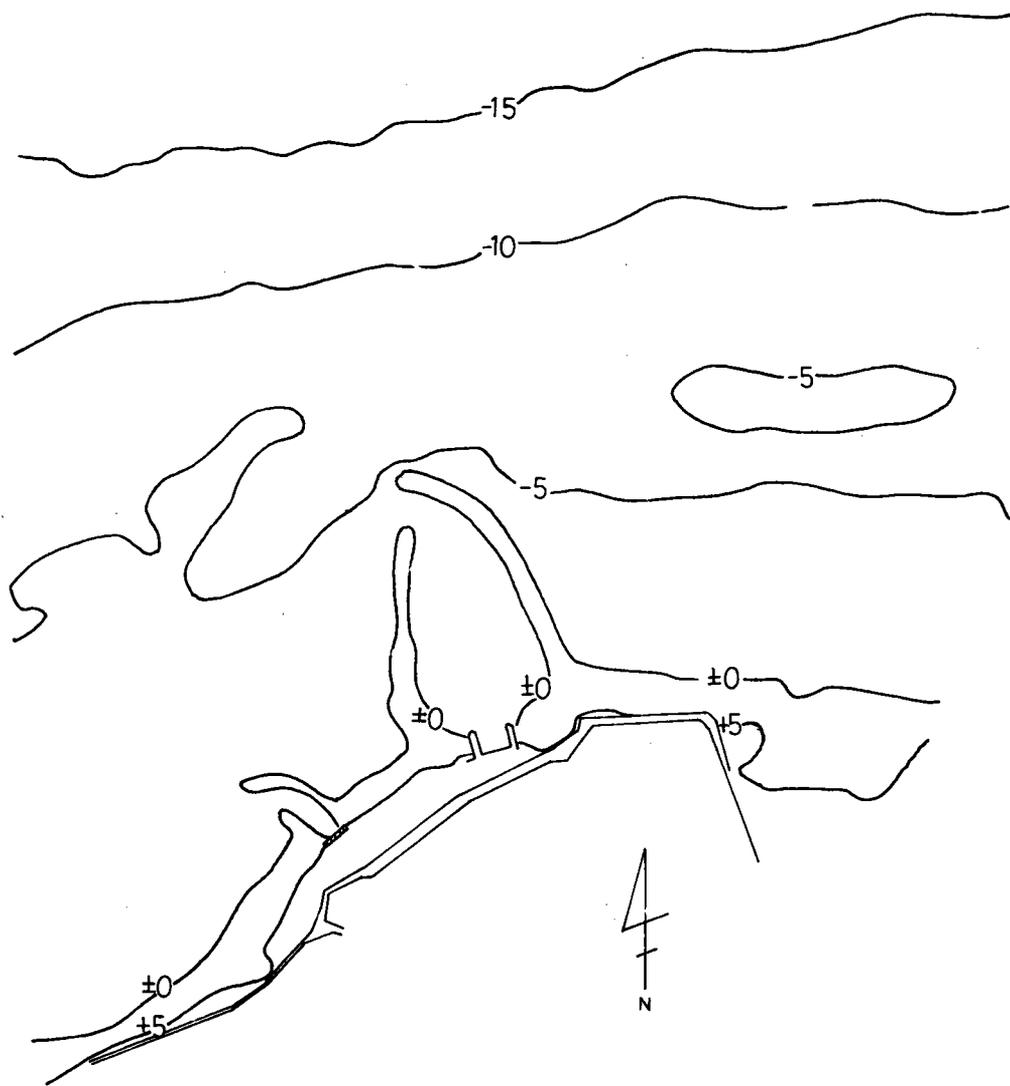


圖 4 民國 66 年 5 月林口電廠近岸水深測量圖

66年10月24日 s=1/10000



圖5 民國66年10月林口電廠近岸水深測量圖

67年 6月 20日 S = 1/10000

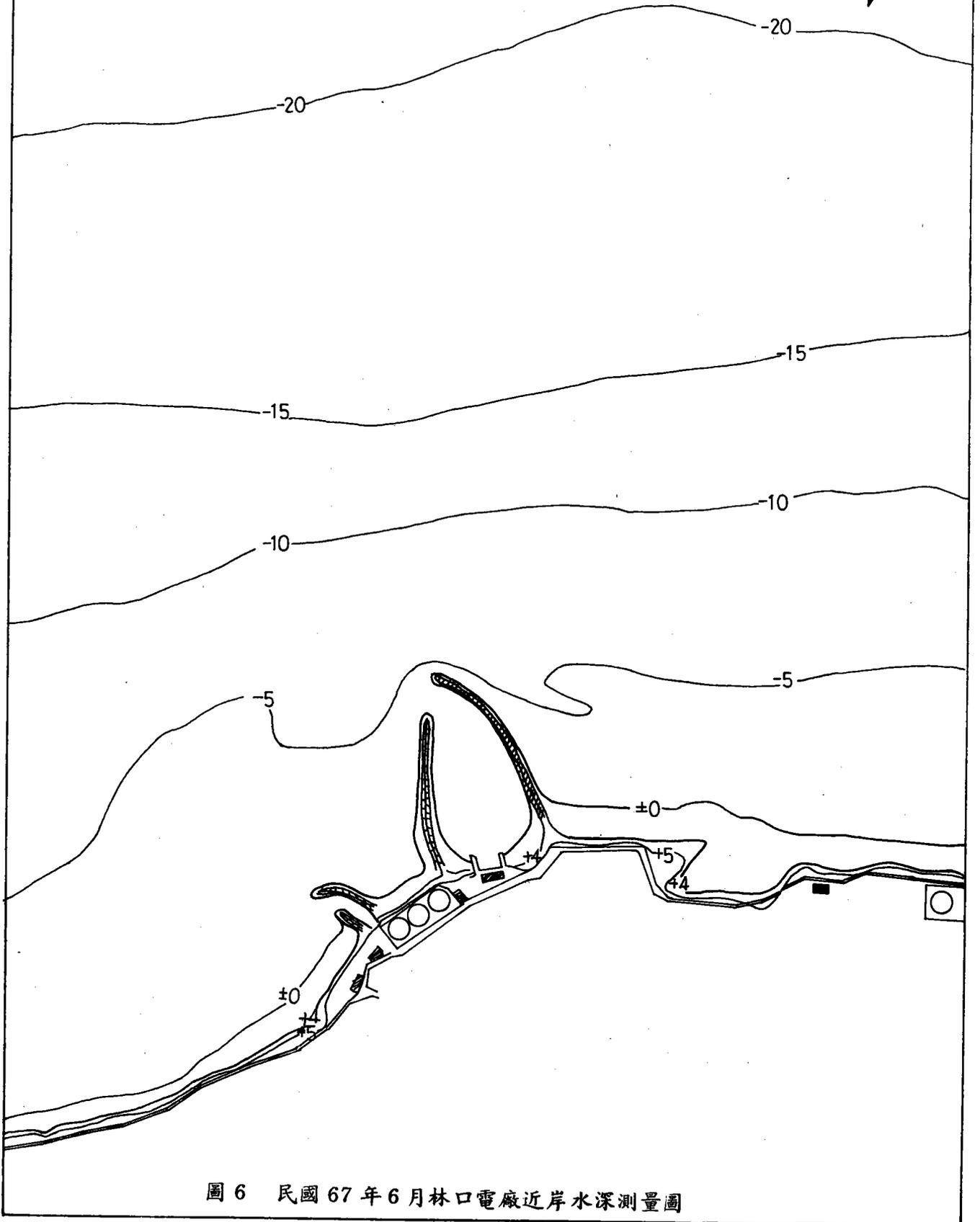


圖 6 民國 67 年 6 月林口電廠近岸水深測量圖



72年6月 $S = \frac{1}{10000}$

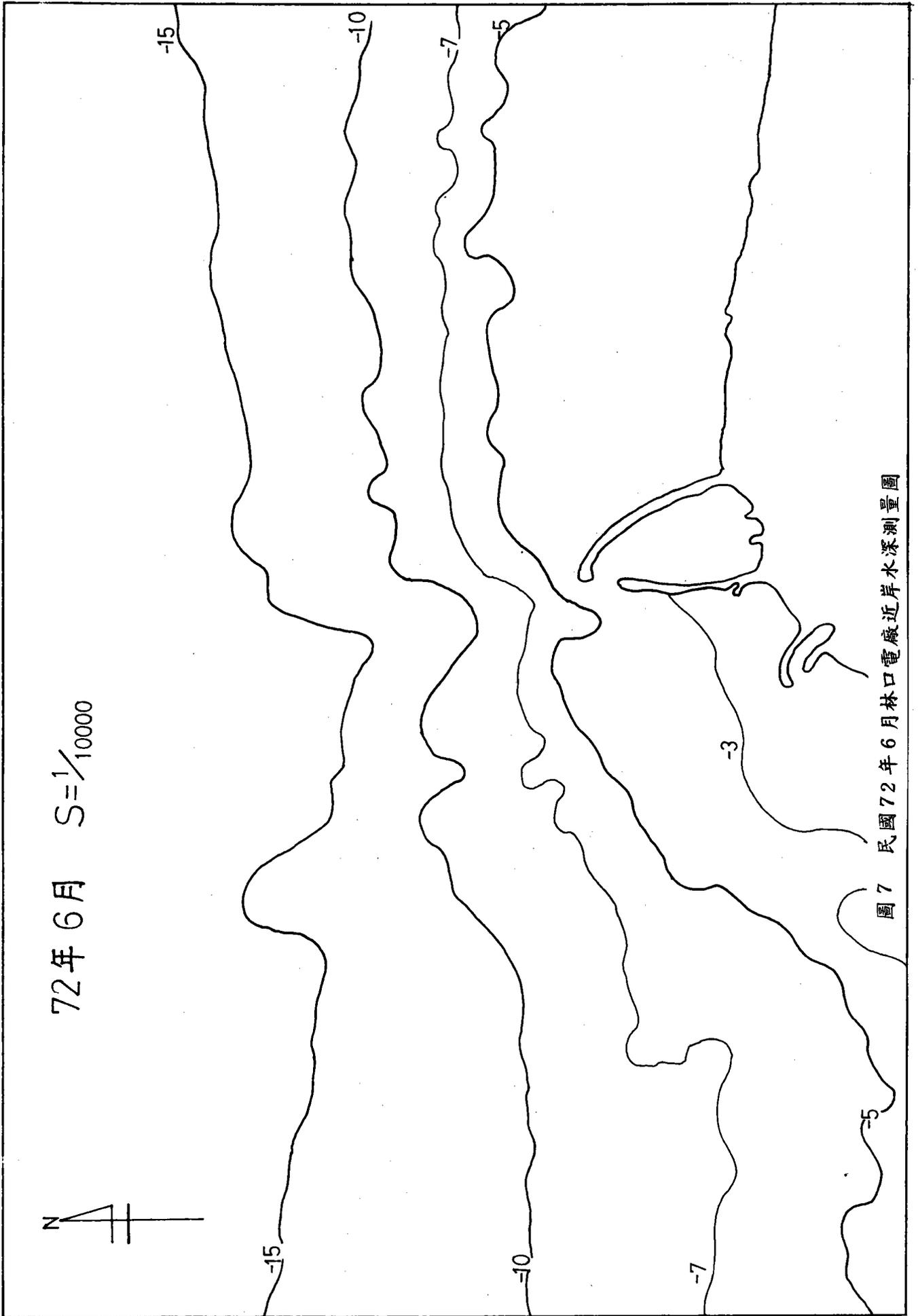
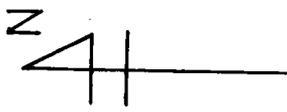


圖7 民國72年6月林口電廠近岸水深測量圖

林口電廠進出水口附近砂粒中值粒徑分佈圖





S=1/10000

0米等深線隨時間變化圖

60年 - - - - -
 66年10月 - * - * - *
 72年6月 - - - - -

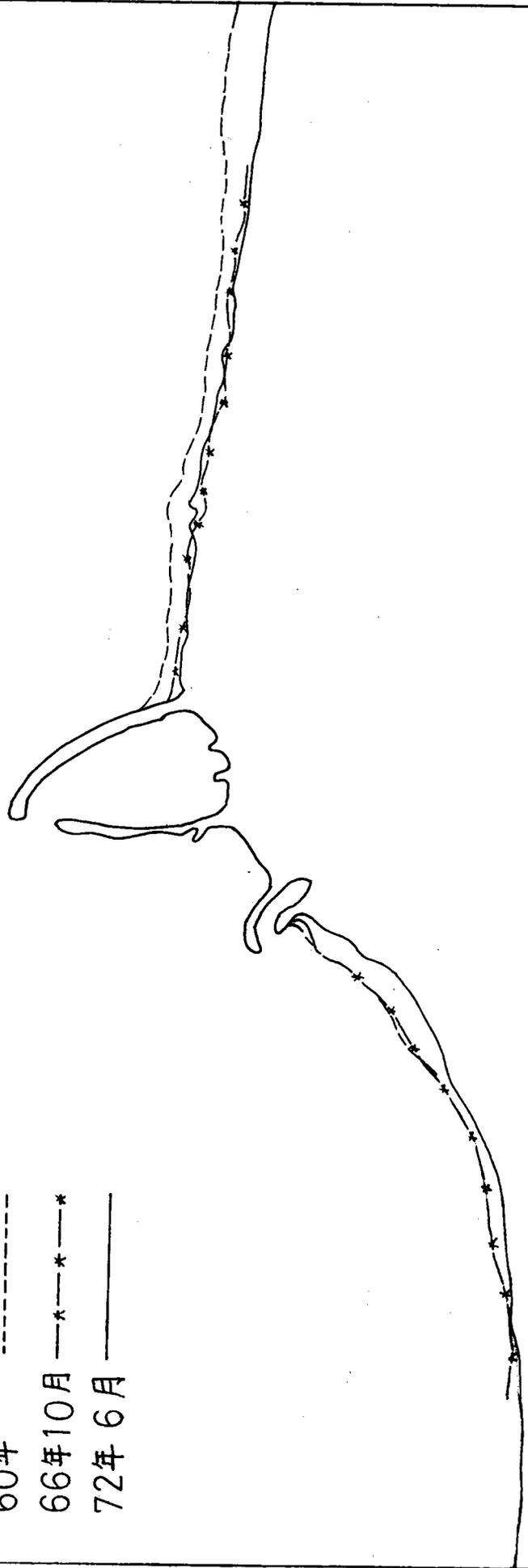


圖8 0米等深線歷年變化圖

5米等深線隨時間變化圖

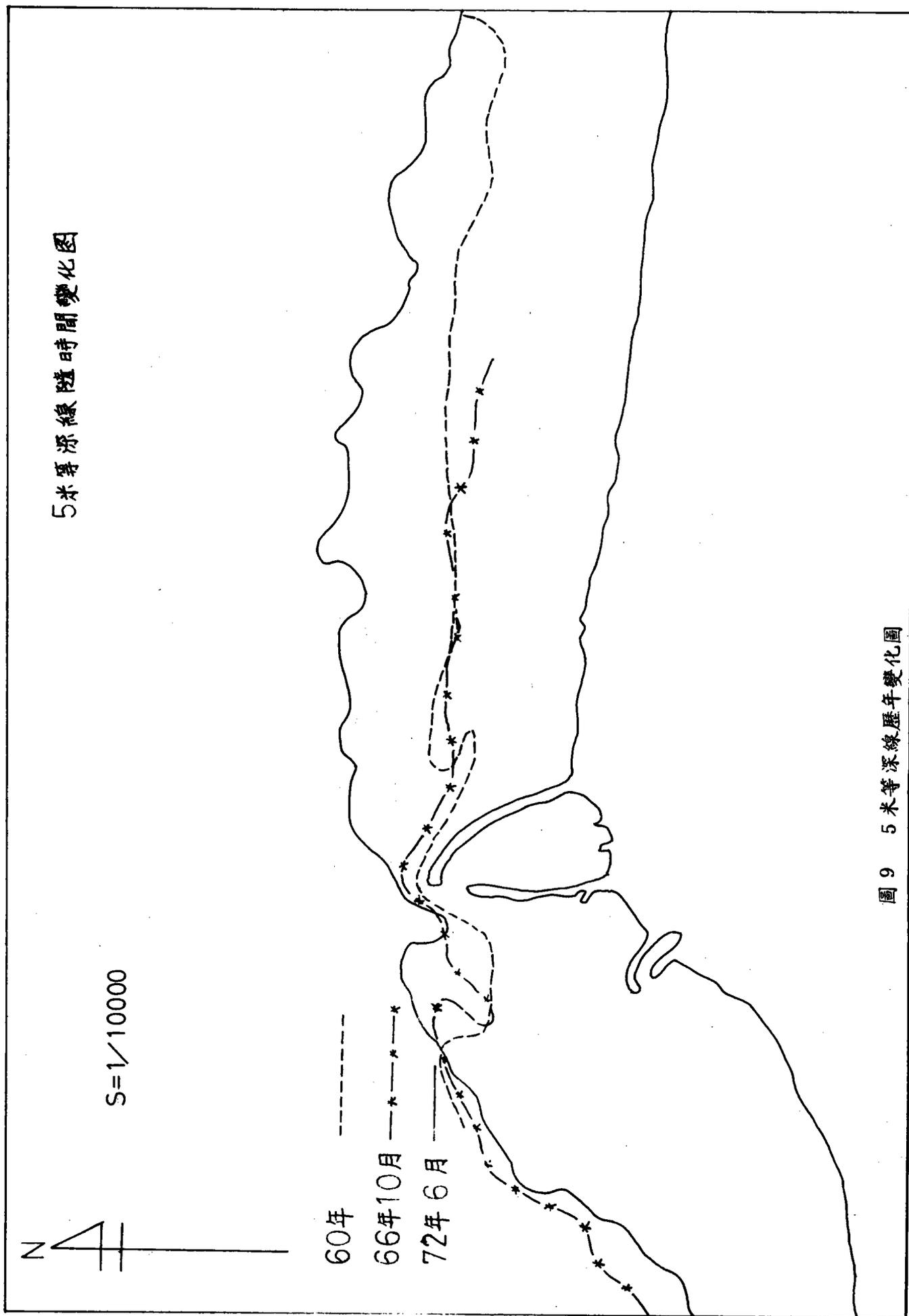
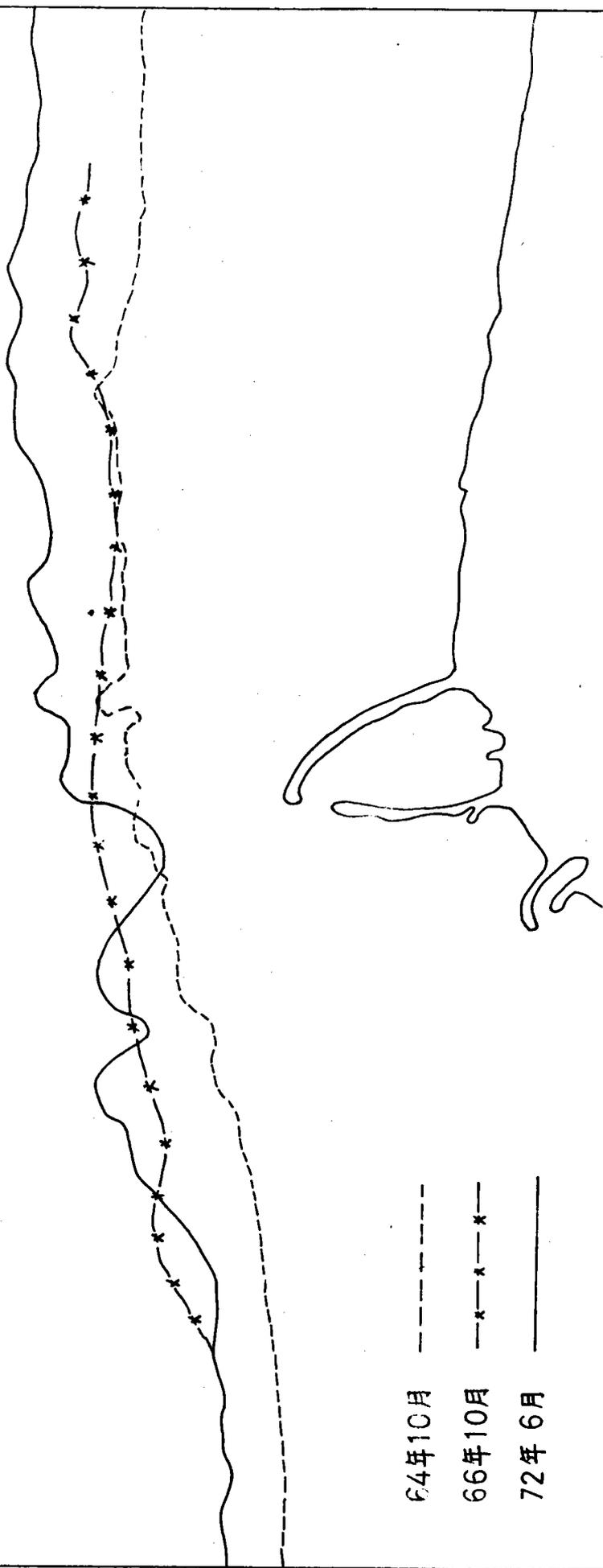
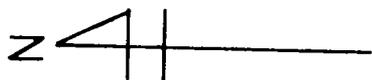


圖9 5米等深線歷年變化圖

10米等深線隨時間變化圖

S=1/10000

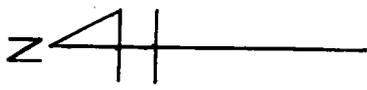


64年10月

66年10月

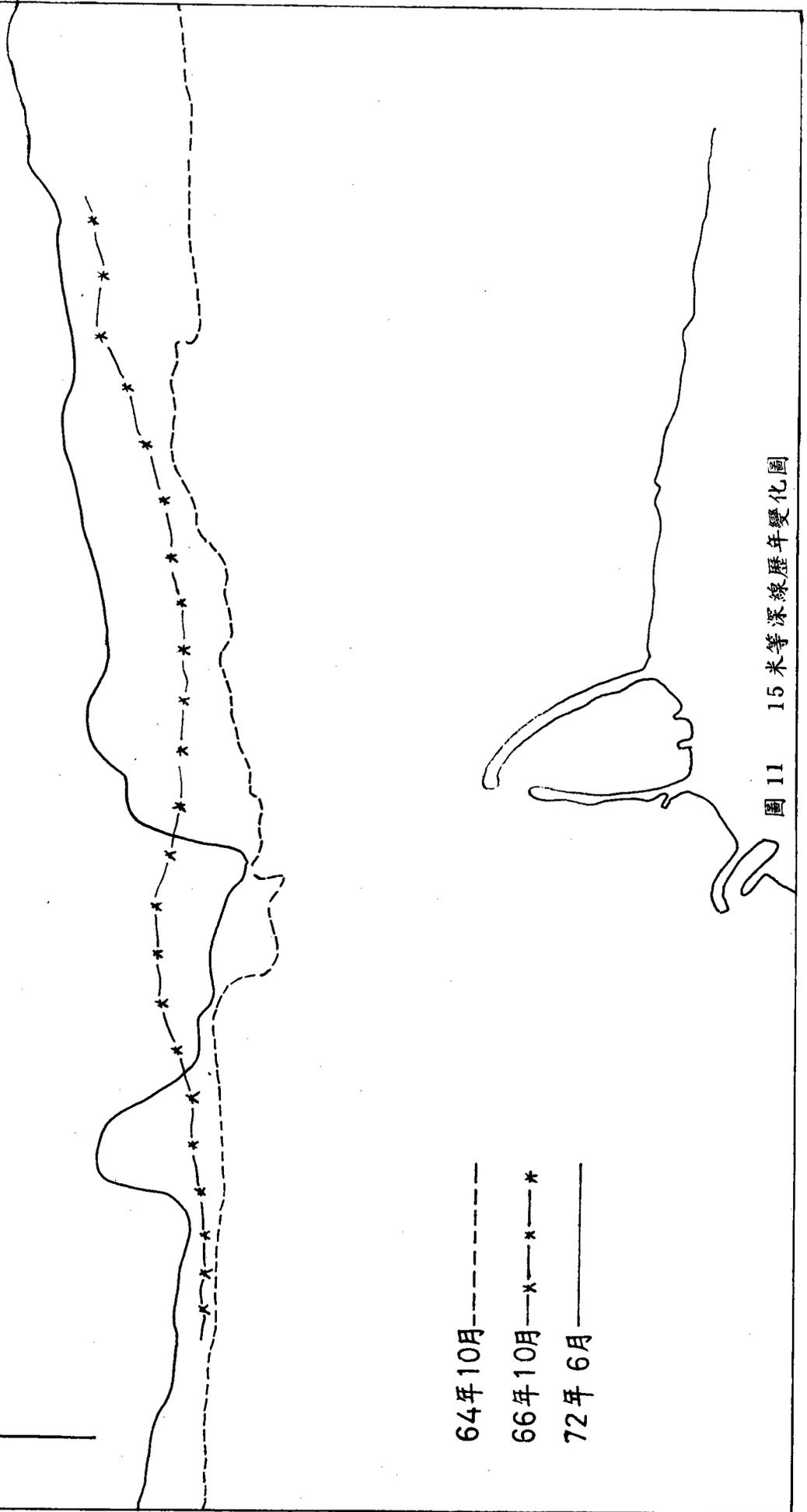
72年6月

圖 10 10米等深線歷年變化圖



S=1/10000

15米等深線隨時間變化圖



64年10月-----
 66年10月---*---*
 72年6月—————

圖 11 15米等深線歷年變化圖

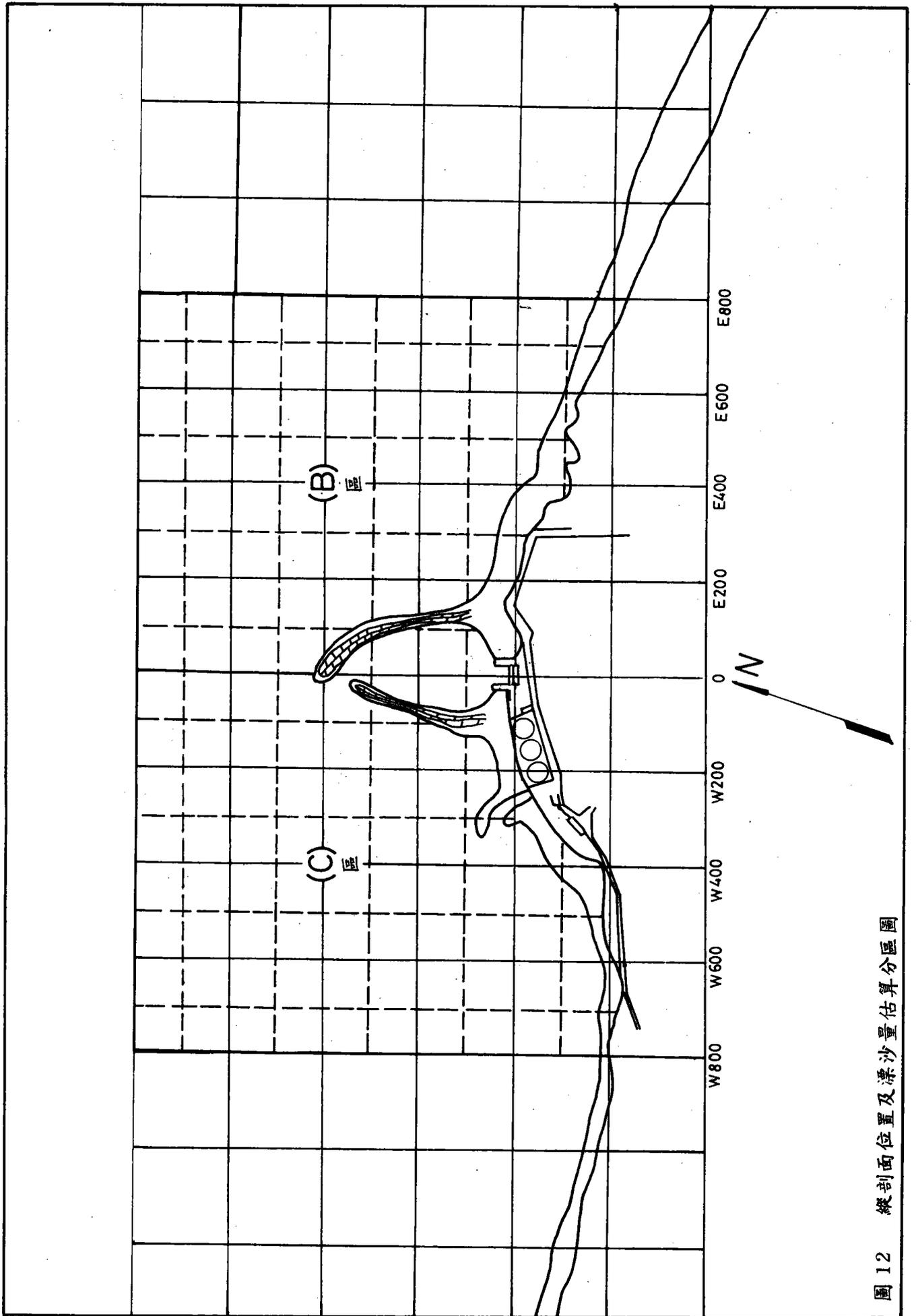


圖 12 縱剖面位置及漂沙量估算分區圖

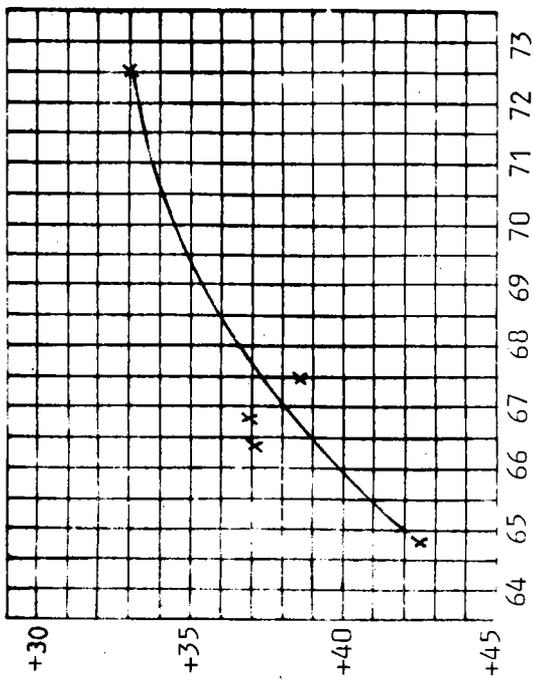


圖 13 林口電廠B區土方變化圖

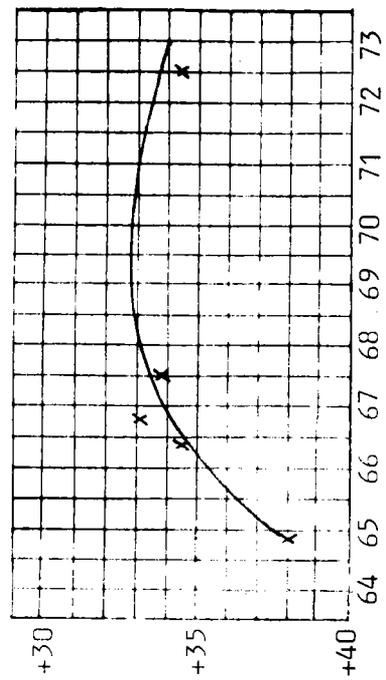


圖 14 林口電廠C區土方變化圖

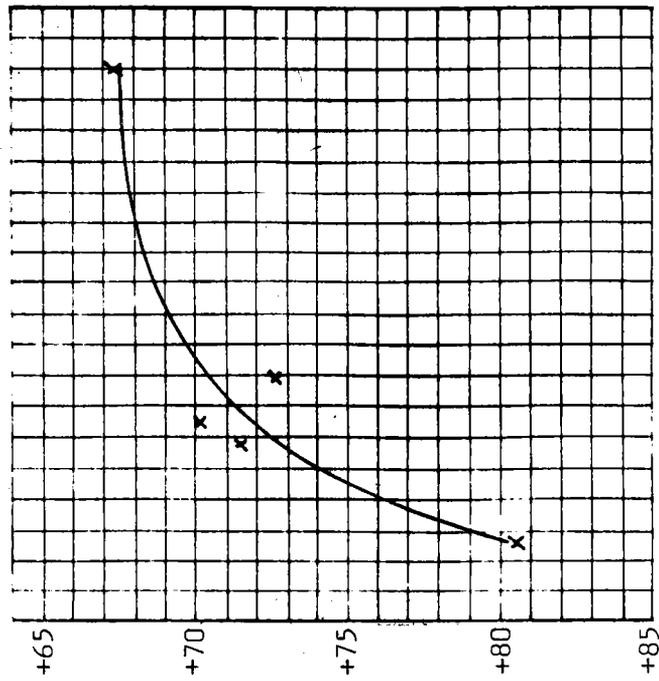
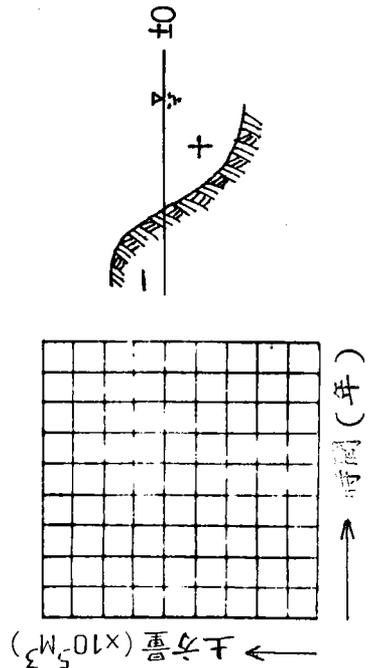


圖 15 林口電廠B, C區總土方變化圖



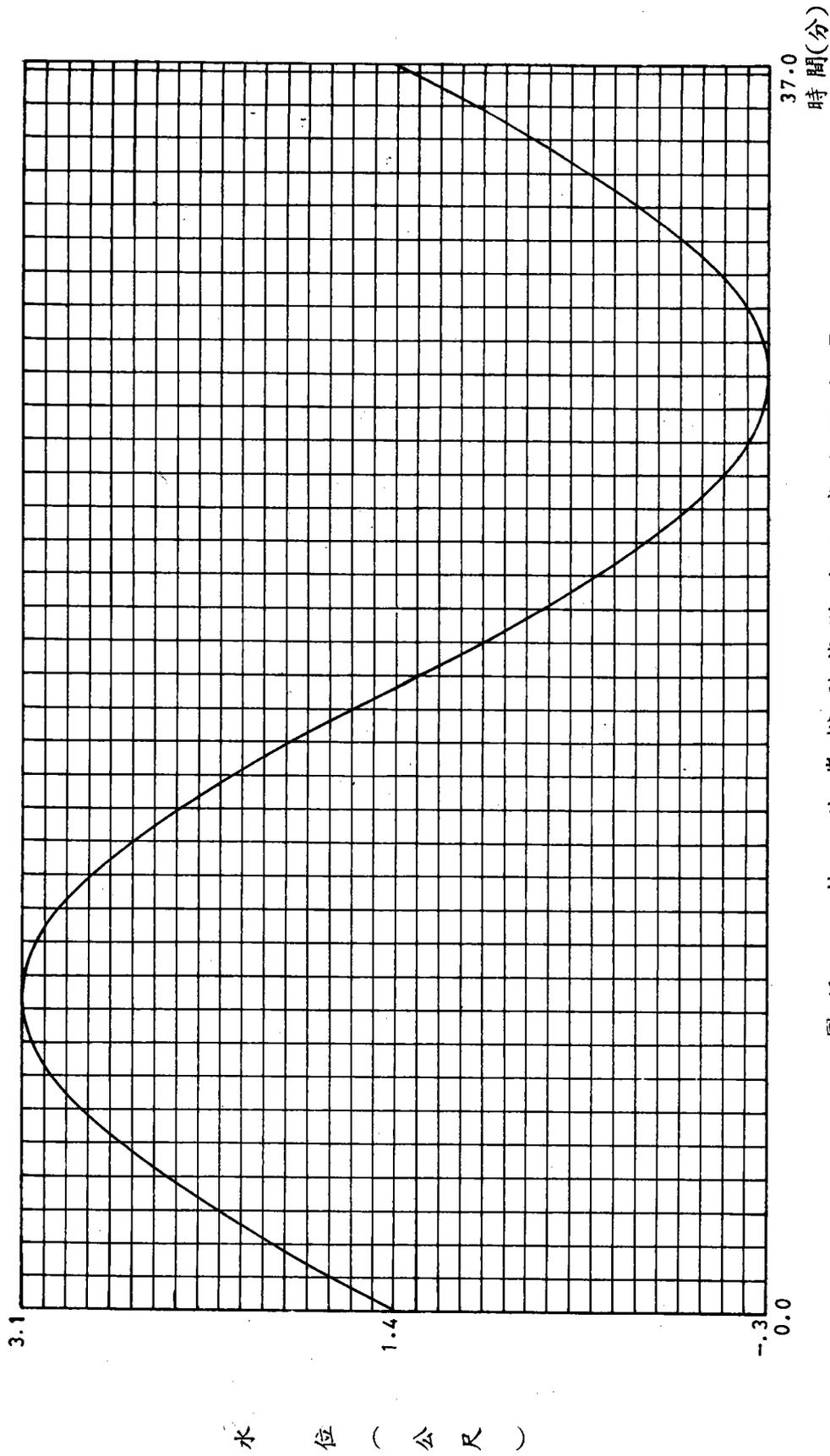


圖 16. 林口海岸模型試驗潮汐變化週期圖

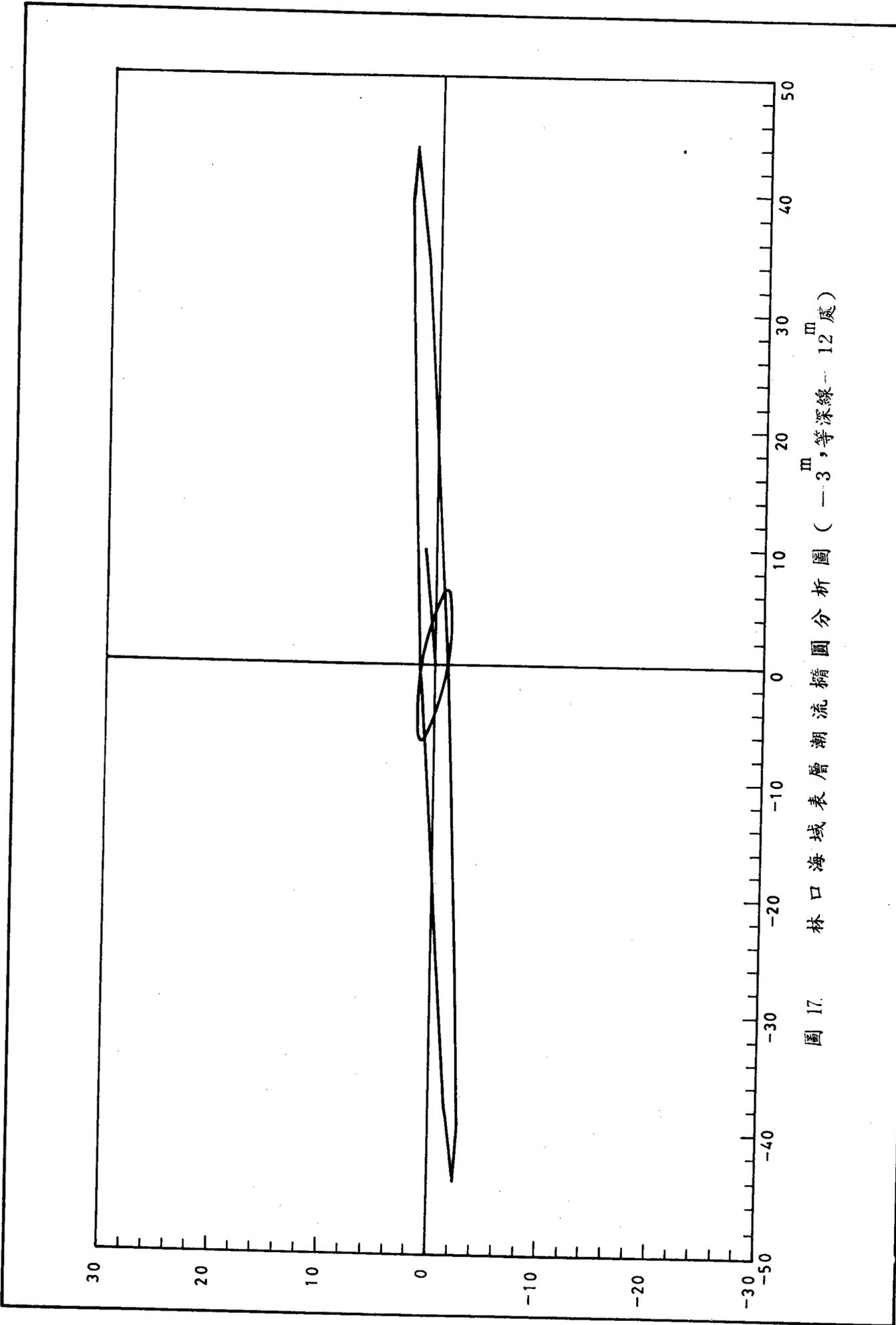


圖 17. 林口海域表層潮流橢圓分析圖 (—3^m, 等深線—12 處)

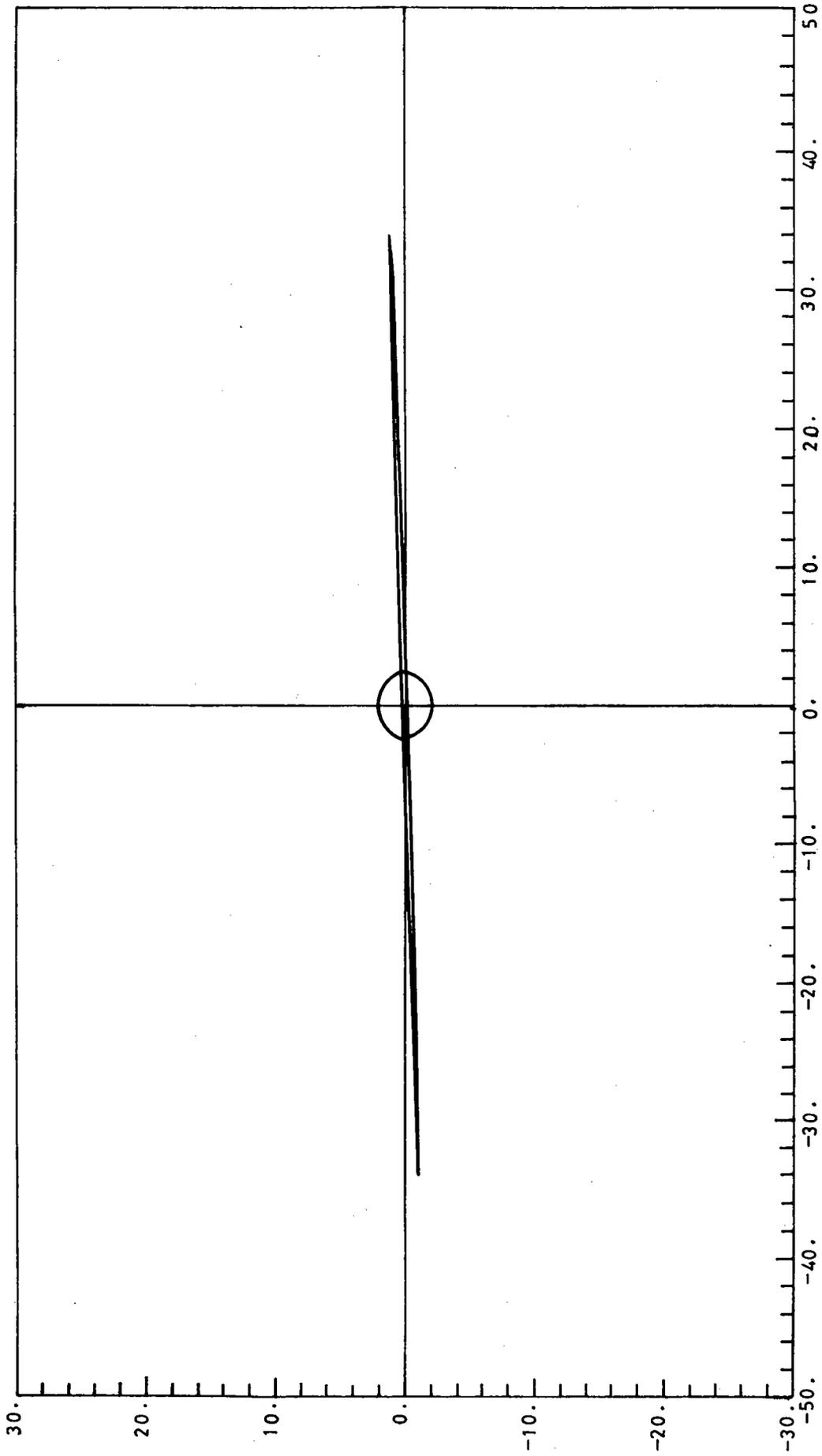


圖 18 林口海域底層潮流橢圓分析圖 (---^m9^m, 等深線---12處)

肆、模型縮尺與模型製作

一、前言：

往昔學者對於波浪帶動漂沙現象曾致力於理論上尋求其縮尺關係，惟其理論推導大部分基於二向 (two - dimension) 平衡斷面試驗資料，就吾人所知，實際上二向試驗中並無三向 (three - dimension) 試驗中所產生之沿岸流及沿岸漂沙現象，故其正確性殊值存疑。目前較佳之方法乃就三向試驗模型中，以試誤法 (try and error) 假設各種波浪尖銳度及垂直縮尺地形進行試驗，以測定其地形變化與歷次之實地海岸變化相比較，而海岸中某一區域之漂沙現象與鄰近地區之海岸特性關係極為密切，然而受試驗場地之限制，為容納全部有關海岸區域，模型有時得採用不等比模型 (distorted model)。惟水平與垂直縮尺比亦不得過大，以免水流向量，海底坡度及粗糙度等變形太大。

二、模型縮尺之選定

基於以上之因素，並考慮本所試驗水池 (60 m × 43 m × 1 m) 之大小，本漂沙試驗之試驗範圍，包括進水口上、下游各約 2,000 公尺之海岸，水深考慮至 - 20m 等深線處。則各種相關之縮尺決定如下：

1. 模型水平縮尺—— $\frac{1}{200}$

2. 模型垂直縮尺—— $\frac{1}{100}$

3. 波高縮尺：欲使海底砂粒易於移動，應考慮模型及現地抗力與重力比之相似性，即 shield's number 應相等，故可導出：

$$\lambda_H = \lambda_s^{\frac{1}{2}} \lambda_b^{\frac{1}{2}} \lambda_r^{-\frac{1}{2}} \lambda_T^{-\frac{1}{3}} \lambda_h^{\frac{2}{3}}$$

λ 表縮尺比

λ_s 表泥沙在水中之比重縮尺

λ_D 表泥沙之代表粒徑縮尺

λ_f 表摩擦係數縮尺

λ_T 表週期縮尺

λ_h 表垂直縮尺

同時需要使模型與現地之波形相同，則可導出。

4. 時間縮尺

$$\lambda_T = \left(\lambda_s^{\frac{1}{2}} \lambda_D^{\frac{1}{2}} \lambda_f^{-1} \lambda^{\frac{2}{3}} \right)^{\frac{3}{7}}$$

5. 漂沙時間縮尺：可經由兩方面資料求得

A. 若有模型與長年現地地形變化資料，即 q_{sm} / q_{sp} ，則由漂沙之連續方程式求得

$$t_m / t_p = \frac{k \lambda_x^2}{q_{sm} / q_{sp}}$$

其中 k 為垂直縮尺與水平縮尺之比值。

B. 若無實測資料則可經由海象條件推算現地之沿岸波能，考慮模型之入射角與現地者相同，波形尖銳度在兩者中相同，及碎波條件相同則可經由沿岸波能相似律 $\lambda_{PL} = \lambda_H^{\frac{3}{2}}$ ，推得其時間縮尺。

6. 潮汐縮尺：根據 Froude 相似律得

$$\lambda_T = \lambda_h^{\frac{1}{2}}$$

三、試驗模擬獲致之相似性

驗證試驗：由於漂沙模型試驗無絕對相似性存在，為期使模型重現林口發電廠附近地形，於進行對策，主試驗以前，首先進行驗證試驗以求得模型內波浪、潮汐、加沙量、漂沙來源等條件，故經由試驗獲致歷年現場地形在模型中重現，以獲得加沙量、漂沙移動形態，漂沙時間縮尺等條件

之相似性。

根據前述之模型相似律，考慮漂沙現象大部份發生在淺海區域，而該處波浪之變化，大都因折射、海底摩擦而引起，則模型製作應儘量使其在模型內折射現象 (Refraction) 與實地情況。故本試驗漂沙模型縮尺選定如下

1. 水平縮尺：根據試驗池之大小及模型所涵蓋之範圍決定為 $1/200$ 。
2. 垂直縮尺：以使模型底床沙粒容易起動為原則，並能使模型地形變化與實地相似，決定採用垂直縮尺為 $1/100$ 之變形縮尺為模型。
3. 波浪縮尺：波高縮尺取與垂直縮尺相同為 $1/100$ ，週期縮尺則主要在使折射現象在模型上重現。
故取垂直縮尺之平方根，即 $1/\sqrt{100}$ 。
4. 潮汐之時間縮尺：為水平縮尺 $\sqrt{\text{垂直縮尺}}$ ，故

$$\begin{aligned} (\text{Tide period})_m &= 12 \text{ 小時 } 25 \text{ 分} \times \frac{\frac{1}{200}}{\sqrt{\frac{1}{100}}} \\ &= 37.25 \text{ 分} \end{aligned}$$

四、模型製作

1. 範圍：自林口溪上游海邊至發電廠出水口下游海岸止，全長約 5 公里，海側模型製作至等水深線 - 20 m 處。
2. 製作方法：
 - (1) 方格座標控制點：在平面水池底面，繪出一公尺見方網格，並於其中固定標定高程用之鋁條。
 - (2) 底質鋪設：在模型底床上，根據 64 年 10 月之水深測量圖，先利用水準儀在固定鋁條上標註高程，將土砂鋪至所需高程後，進水使土砂密實，再校核整鋪高程。本試驗所用之底質海沙比重為 $S =$

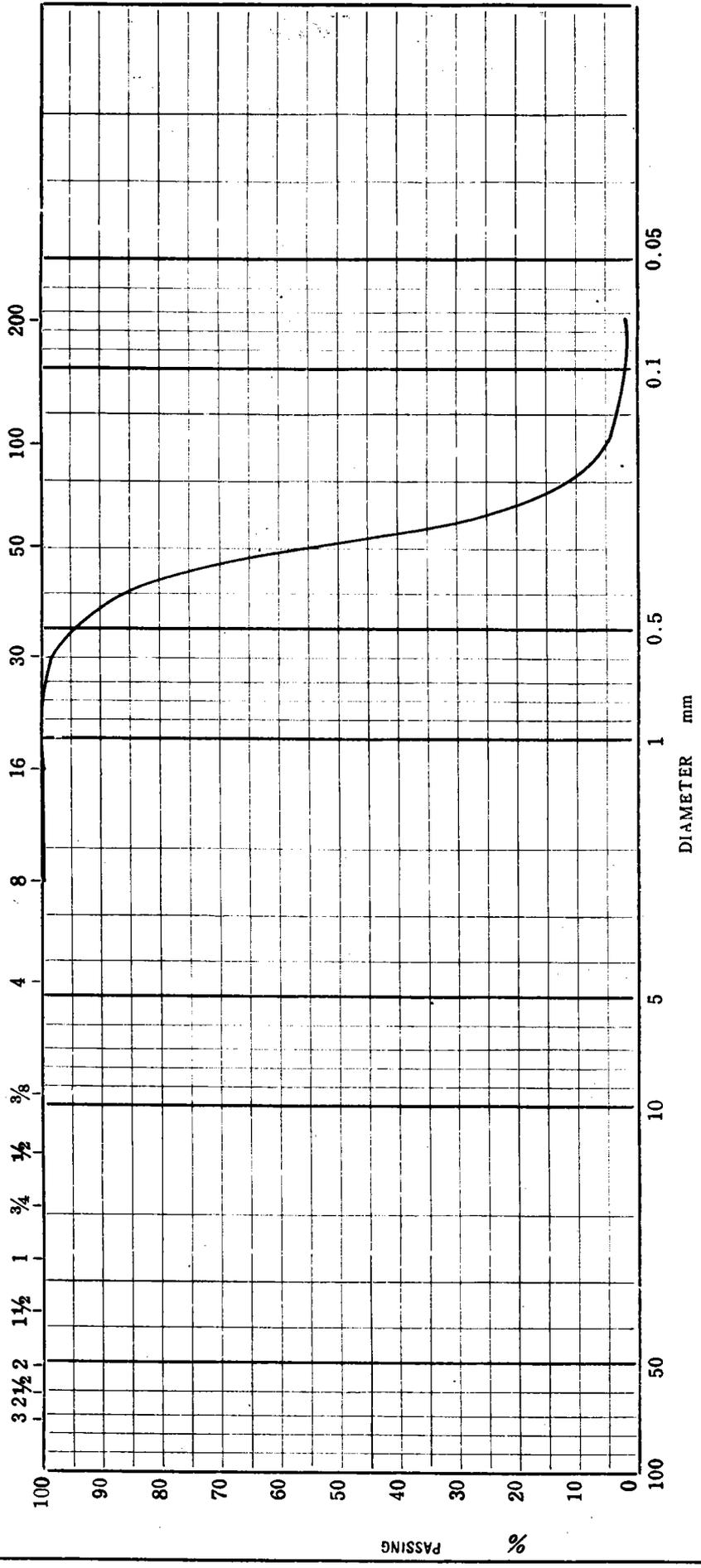
2.66。中值粒徑 $D_{50} = 0.291 \text{ mm}$ ，粒徑分佈曲線圖如圖 19。

(3)進出水口之海堤設計：依據林口發電廠進出口之平西佈置圖，堤身以碎石包以尼龍紗網，以符合現場海堤之可透水性，再於堤身外緣堆置鼎形消波塊，如照片 1，為防邊界效應，在邊界則放蛇籠，以消殺波能，使不致反射影響至試驗範圍。

(4)模型改正：模型經方格點高程控制鋪設完成後，抽水達試驗之高水位，然後依次放水至各等深線高程。在模型中循水深線鋪放白色毛線，再依據水深圖校核模型上水深線，將出現誤差之處逐一修正，使二者一致，依此法逐條修正等深線至現場水位（-20 m）處。如照片 2。

U. S. STANDARD SIEVE OPENING. in. ←

U. S. STANDARD SIEVE NUMBER →



INSTITUTE OF HARBOR AND MARINE TECHNOLOGY

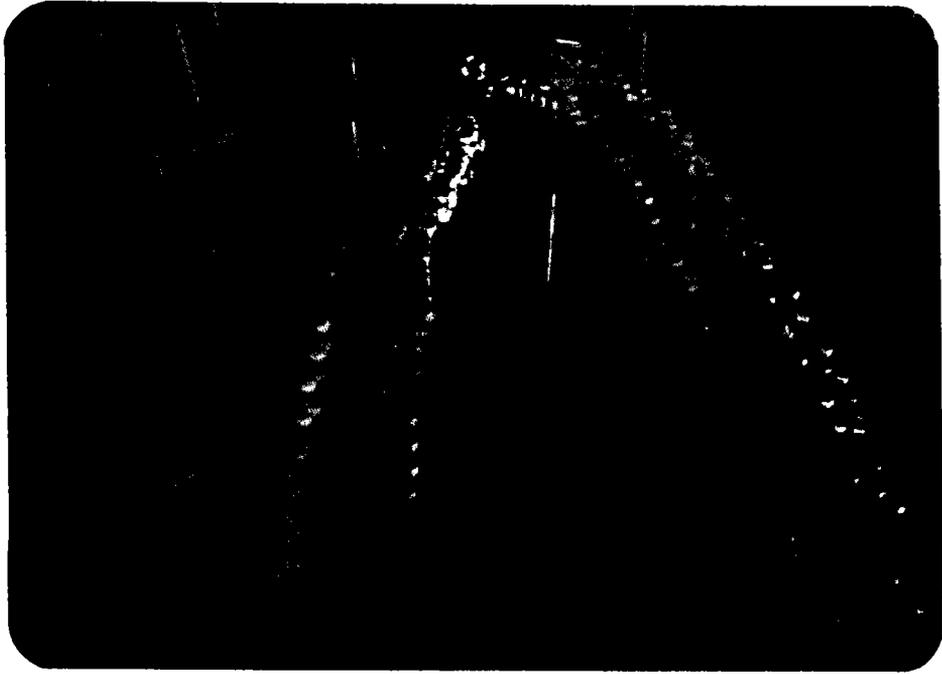
臺灣技術研究所

GRADING CURVE OF AGGREGATE 粒料篩分析曲線圖

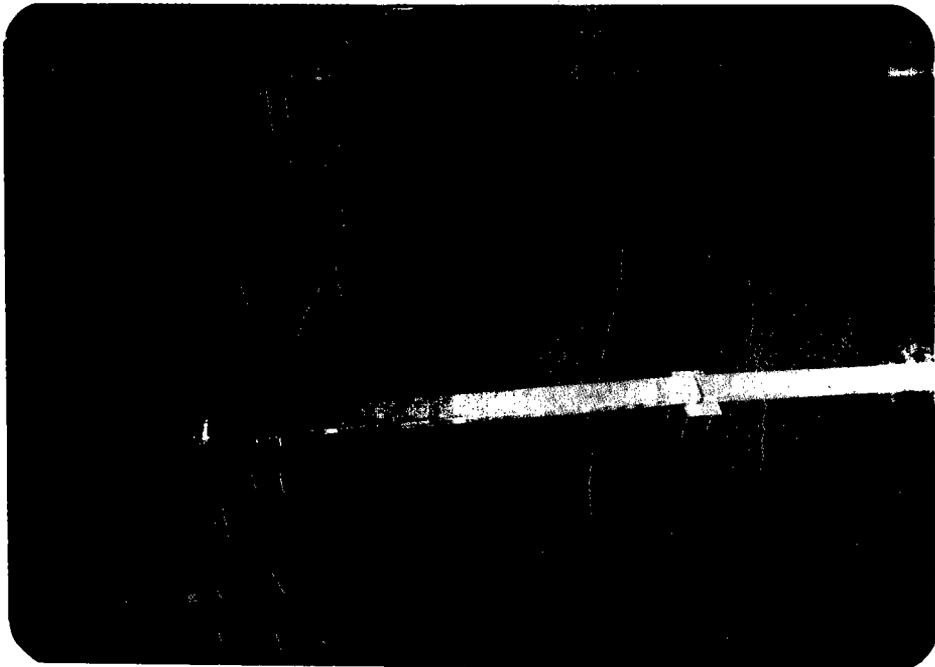
計畫名稱：林口漂沙計劃 (模型試驗用砂) D₅₀=0.29mm

試樣編號：圖 19 林口漂沙模型試驗用砂 S=2.66

試驗者：蘇瑞榮 日期：72.11.14
TESTED BY DATE



照片 1：進水口堤防構造及鼎形塊之排列



照片 2：等深線之鋪放

伍、試驗波浪率定及試驗方法

一、試驗波浪之率定

於模型鋪設完成後，根據模型設計圖將造波機調至相關位置，使其與試驗波浪方向一致，當造波機之位置選定後，依所需之試驗波浪條件調整變速機，使其週期等於相關模型波浪週期，其次調整偏心距，造出模型試驗所需波高，同時為避免能量發散，將導波板依波向線排列於造波機兩端。

將容量型波高計 (Capacitance type wave gage) 感受器 (Transducer) 置於模型水深 - 20 公尺，距造波板 3 - 5 個波長處，利用電腦資料處理系統，將波高儀控制箱輸出之電壓改接於類比 / 數據轉換器 (Analog / Digital Converter)。利用類比 / 數據轉換器測取電壓數據值，儲存於電腦記憶體內，以電腦程式分析計算，最後經由列表機 (Printer) 輸出計算結果，求得試驗波高與週期。

二、試驗方法：

準備工作完成後，隨即進行模型全區地形測量，以計算初期地形土砂量，然後啟動造波機及自動潮汐控制儀，以進行各種波浪條件之漂沙試驗。

本項計完成下列情況試驗如表三。

表三 漂沙預備試驗與主試驗各種狀況

編號	波浪條件	潮汐條件	初期地形	波浪作用時間	其他條件
預備試驗 I	波向 N 18°E H = 4 ^m T = 12 sec	平均水位	64.10	240分鐘	未加砂
預備試驗 II	波向 N 18°E H = 4 ^m T = 12 sec	根據朔望平均潮汐連續變化 (-0.3 ^m ~ + 3.4 ^m)	64.10	420分鐘	於林口溪上游海岸加砂。加砂量：0-30分，4 ^l /min 30分以後3 ^l /min
預備試驗 III	波向 NNE H = 4 ^m T = 12 sec	根據朔望平均潮汐連續變化 (-0.3 ^m ~ + 3.4 ^m)	64.10	420分鐘	於林口溪上游海岸加砂。加砂量：2 ^l /min
主試驗 I	波向 NNE H = 4 ^m T = 12 sec	根據朔望平均潮汐連續變化 (-0.3 ^m ~ + 3.4 ^m)	72.6.10	480分鐘	加砂量 2 ^l /min 入水口右側佈置 750公尺長防沙堤。
主試驗 II	波向 NNE H = 4 ^m T = 12 sec	根據朔望平均潮汐連續變化 (-0.3 ^m ~ + 3.4 ^m)	72.6.10	600分鐘	加砂量 2 ^l /min 入水口北側佈置 400公尺離岸堤右側佈置 400公尺防沙堤

預備試驗時重點在研究林口溪上游至出水口下游間海岸漂沙移動變化情形，在模擬現場潮汐連續變化（漲退潮週期為 37.25 分鐘）下，未加沙情形下決定模型試驗加沙量，並由數種波浪條件作用下，決定一最能與現場重現地形之波浪條件，其加沙位置則在林口溪上游（如圖 20）視為沿岸漂沙來源，以進行漂沙主試驗，即以預備試驗求得最相似之波浪及輸沙條件，連續造波 1 小時，造波停止後，立即進行地形變化測量，再利用網格法，分別求出試驗全區（即林口電廠進出水口附近海岸）漂沙堆積侵蝕量，如此重複進行相同試驗步驟，直到漂沙淤塞進出水口為止。

為了瞭解沿岸流況分佈，於進行主試驗時，利用浮子及高錳酸鉀於佈置堤防附近，採用追蹤法觀測其流跡線。

加砂地點



15

S=1/20000

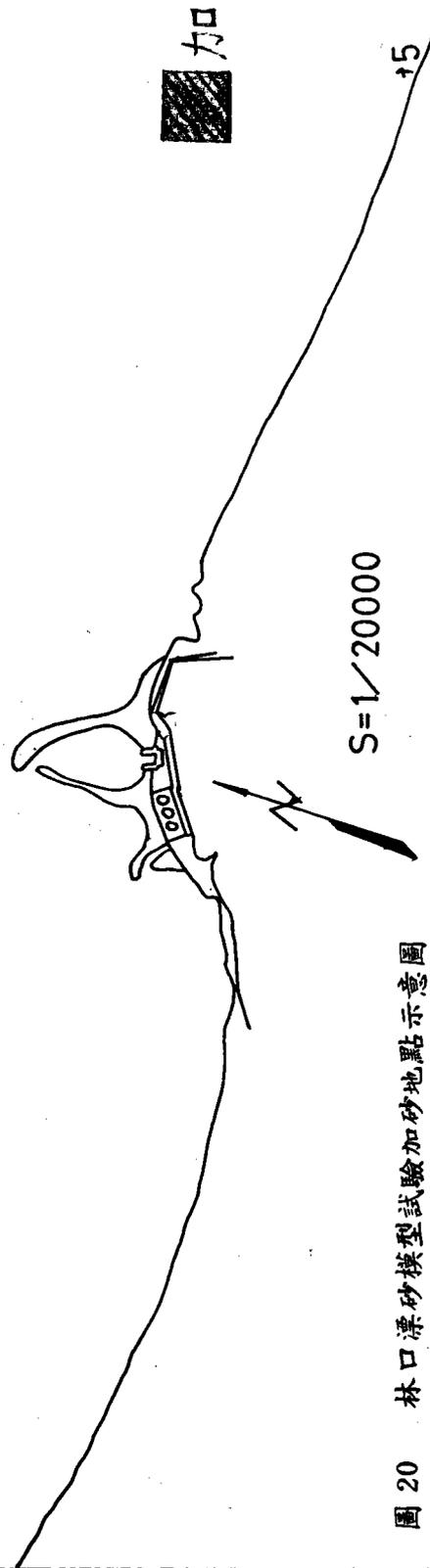


圖 20 林口漂砂模型試驗加砂地點示意圖

陸、試驗經過及成果

一、前言

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。

二、預備試驗

1. 預備試驗 I —— 試驗條件如表三所示，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 $N 18^{\circ} E$ ，波高 4 m ，週期 12 sec ，潮汐採用平均水位 $+ 1.4 \text{ m}$ ，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，當造波時間累積達 1 小時後，進水口上游之 $- 3 \text{ m}$ ， $- 5 \text{ m}$ 等深線均向海推進，此為堆積成長，而進出水口下游區更明顯表示侵蝕，因 0 m 、 $- 3 \text{ m}$ 、 $- 5 \text{ m}$ 、 $- 7 \text{ m}$ 、 $- 10 \text{ m}$ 均向岸邊推進。

當造波累積 2 小時時，與初期地形比較進水口上游 $- 3 \text{ m}$ 稍有堆積， $- 5 \text{ m}$ 互有堆積侵蝕， $- 7 \text{ m}$ 、 $- 10 \text{ m}$ 在無沙源供應下，已有明顯之侵蝕，下游除 $- 3 \text{ m}$ 、 $- 5 \text{ m}$ 互有消長外， $- 7 \text{ m}$ 、 $- 10 \text{ m}$ 、 $- 15 \text{ m}$ 均為侵蝕，而在進水口之入口附近，則有堆積趨勢。

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，而往下游之少部分，又積在進水口入口處，故下游地區亦形成侵蝕。

試驗過程中，每次測量之地形如圖 21 ~ 圖 30。

試驗過程中，進水口中心剖面變化如圖 31。

試驗過程中，各區土方變化如圖 32 ~ 圖 40.1。

預備試驗 I 之初期地形如照片 3、4。

預備試驗 I 之波浪作用 4 小時後之地形，如照片 5、6，其中白色毛線表示等深線。

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

號：預備試驗 I
 造沙時間：0 min
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 波週：12 sec.
 方位：N18°E
 潮流：平均水位
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

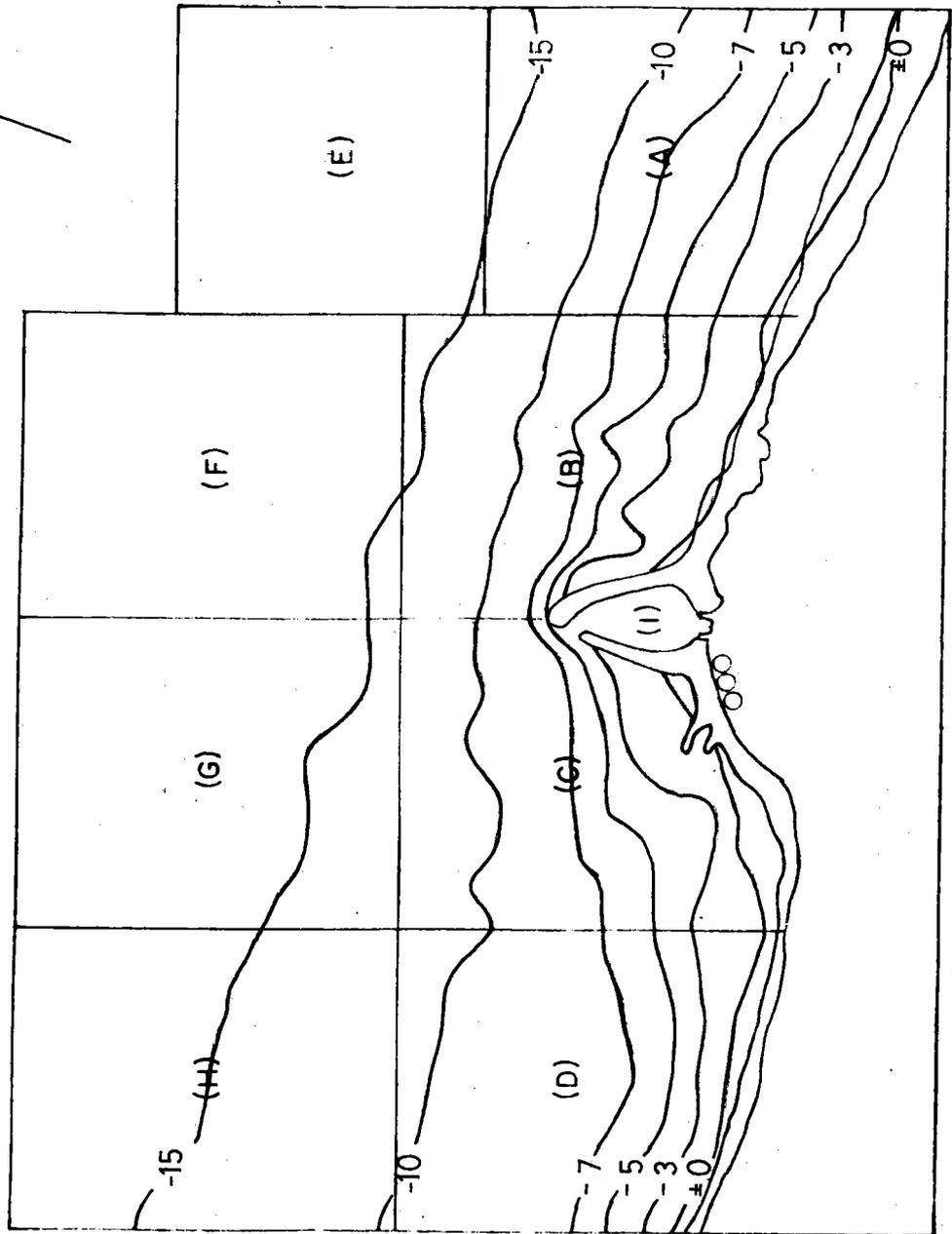


圖 21 預備試驗 I，波浪作用前之初期地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：10 min
 初期地形：G410
 波高：4 m
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：平均水位
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

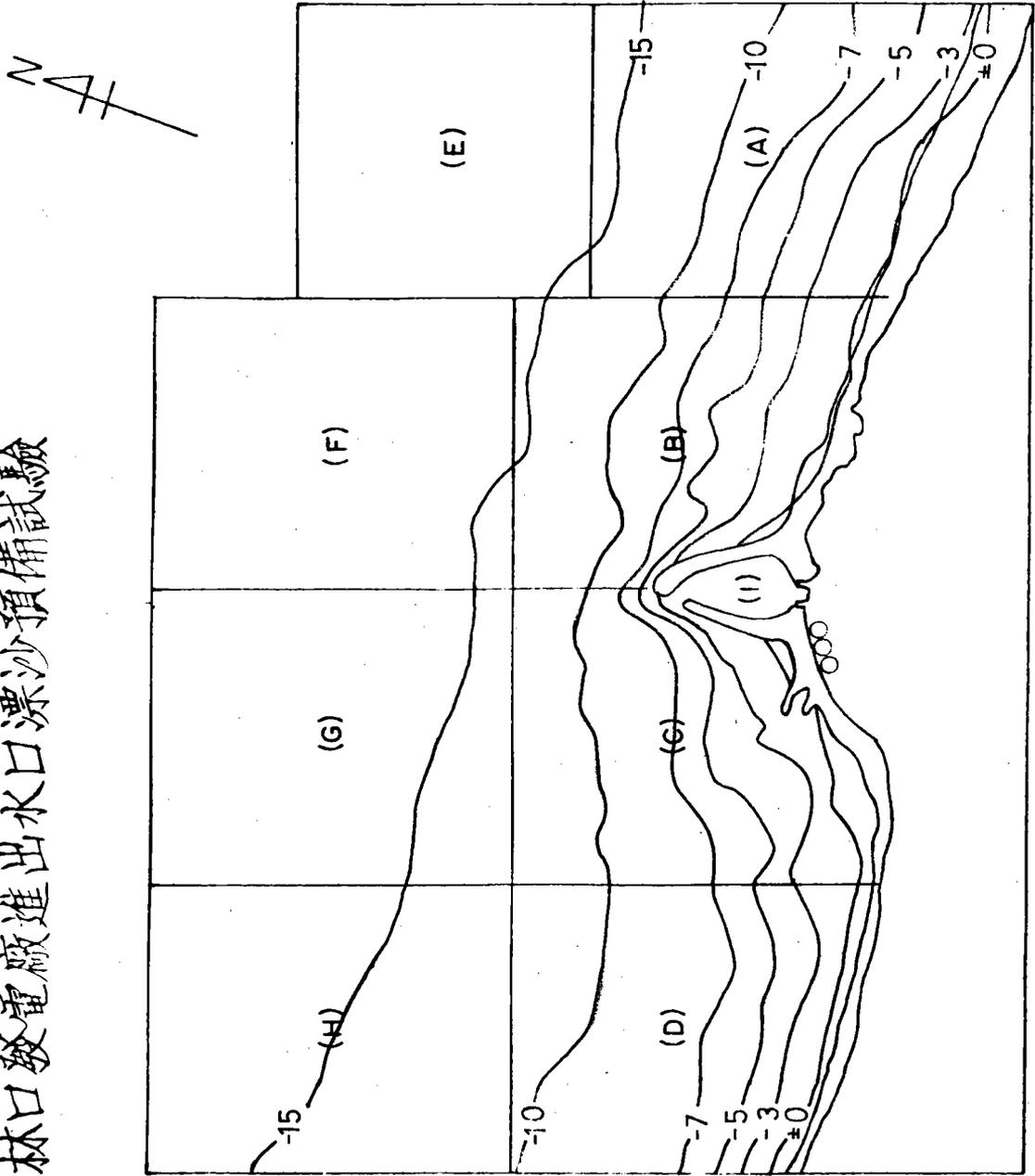


圖 22 預備試驗 I，波浪作用 10 分鐘後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：20 min
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18° E
 潮位：平均水位
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

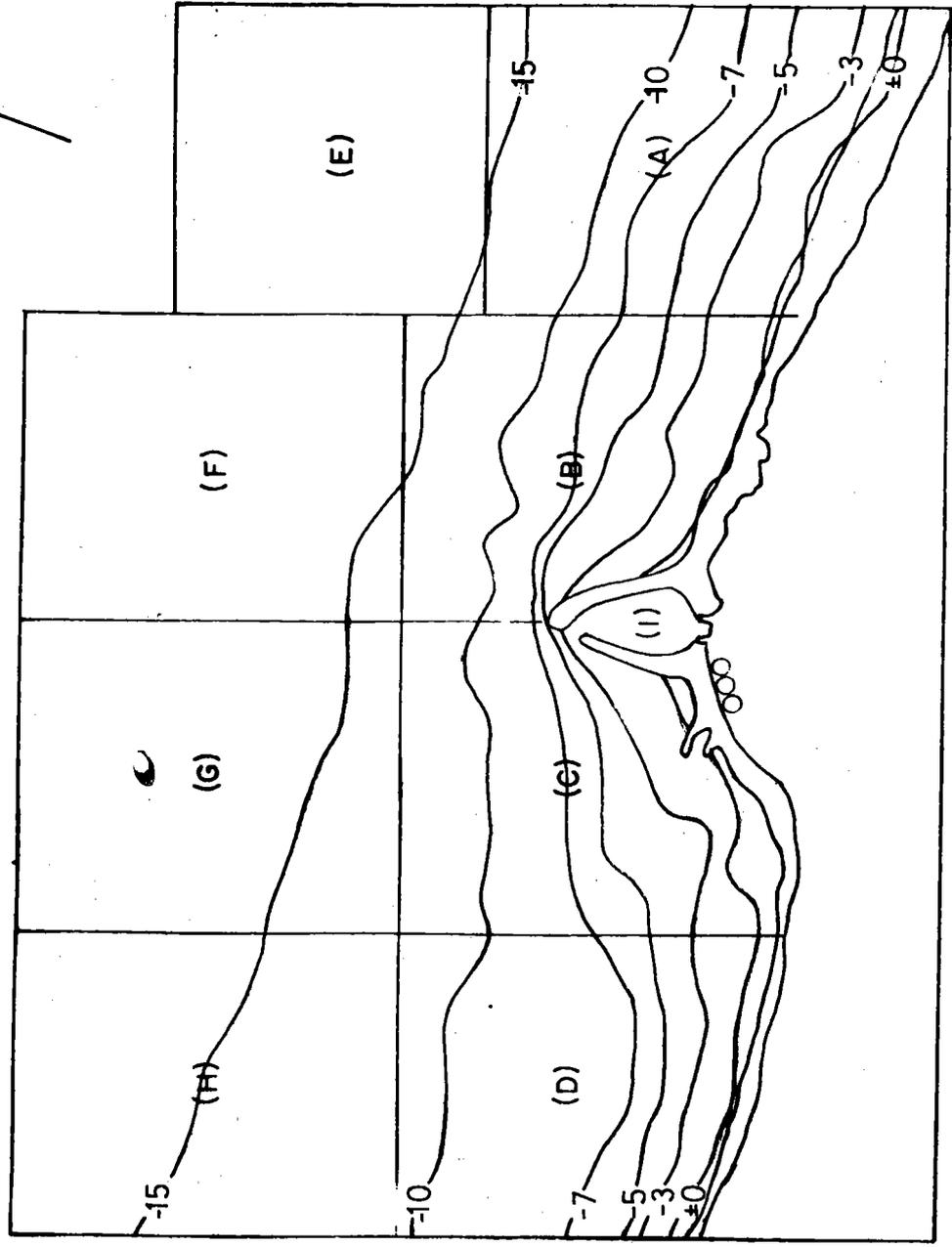


圖 23 預備試驗 I，波浪作用 20 分鐘後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：30 min
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18° E
 潮位：平均水位
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

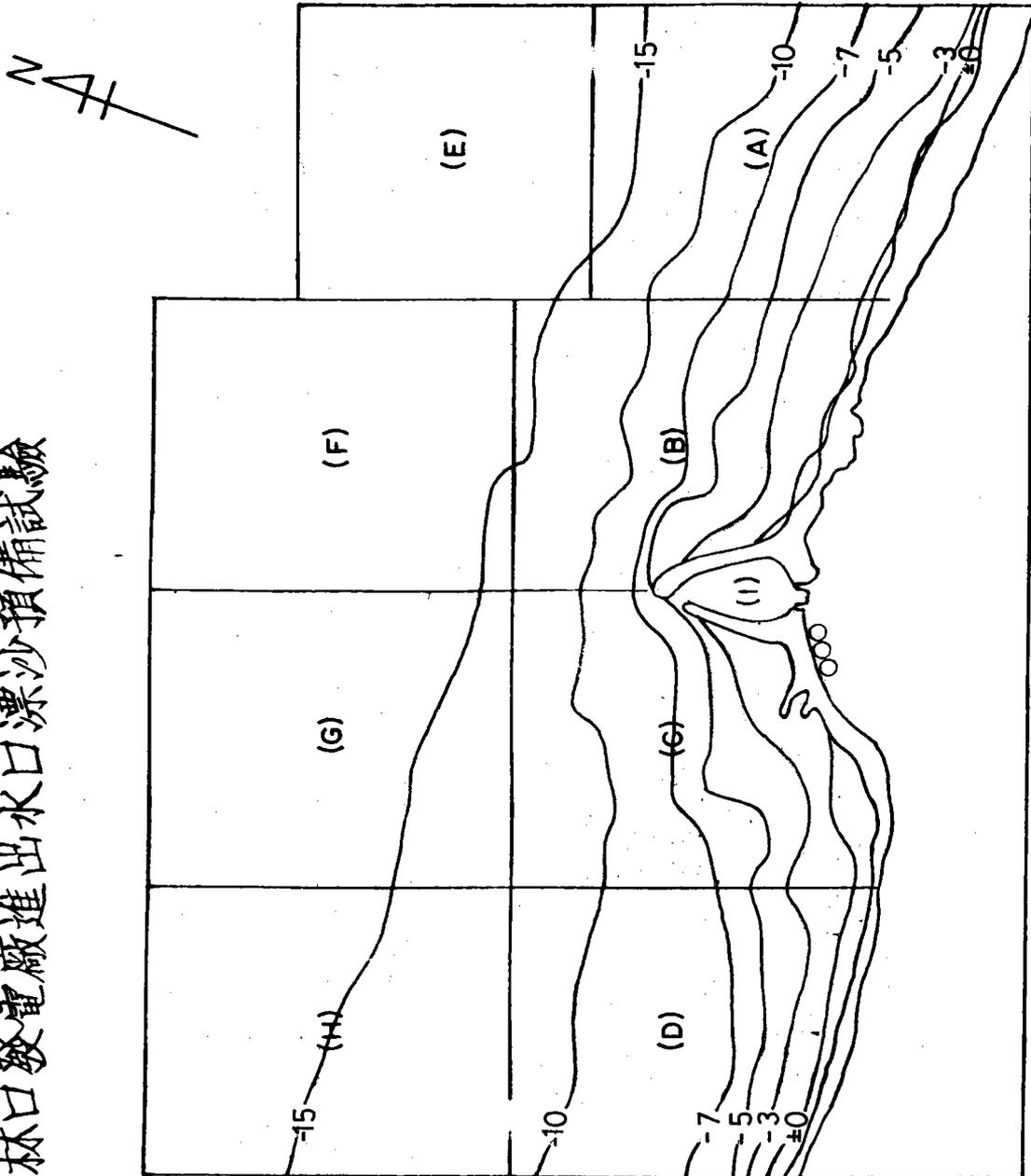


圖 24 預備試驗 I，波浪作用 30 分鐘後之地形

林口發電廠進出口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：60 min
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：平均水位
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

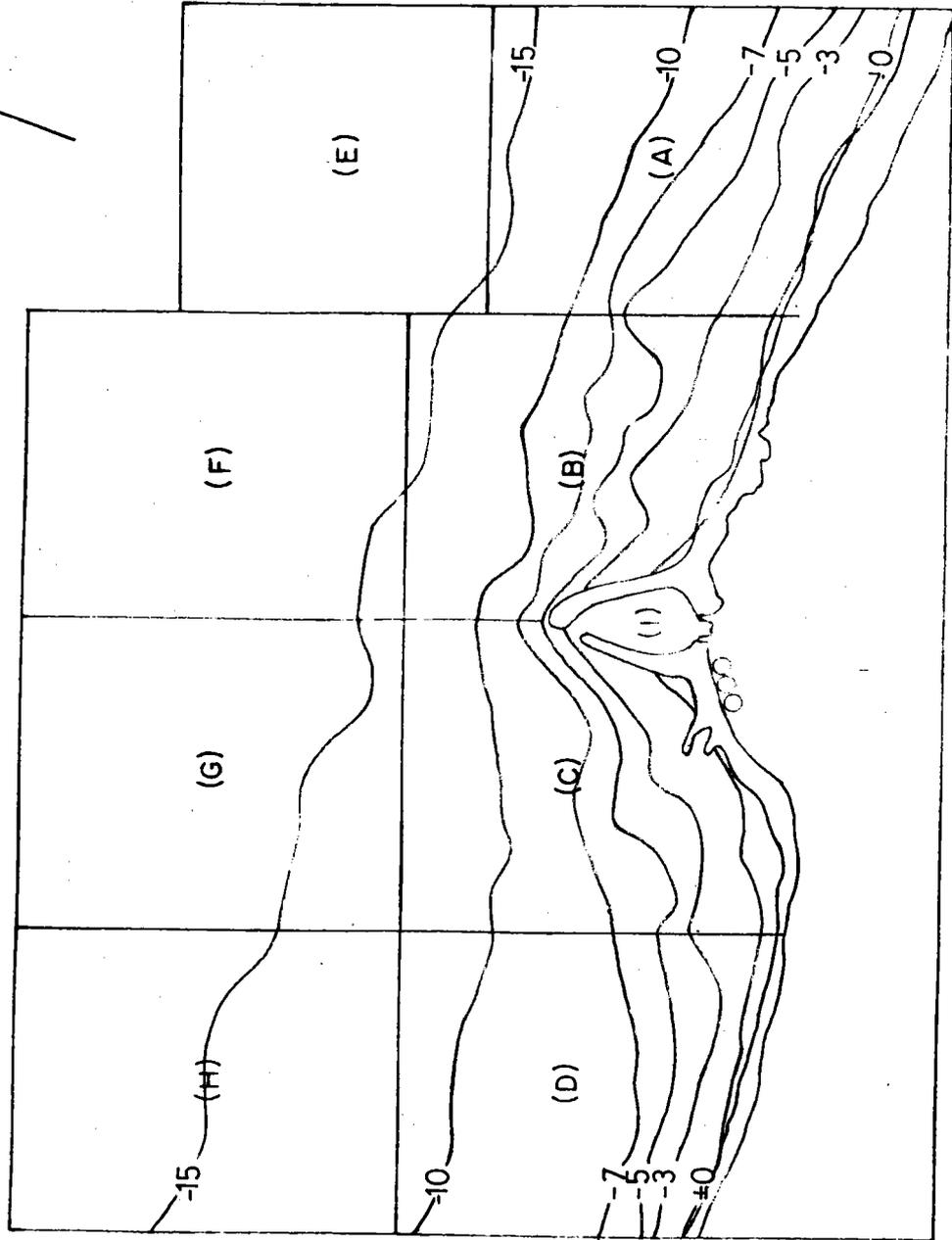


圖 25 預備試驗 I，波浪作用 60 分鐘後之地形

林口發電廠進出口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：90 min
 初期地形：64.10
 波高：4 m
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：平均水位
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

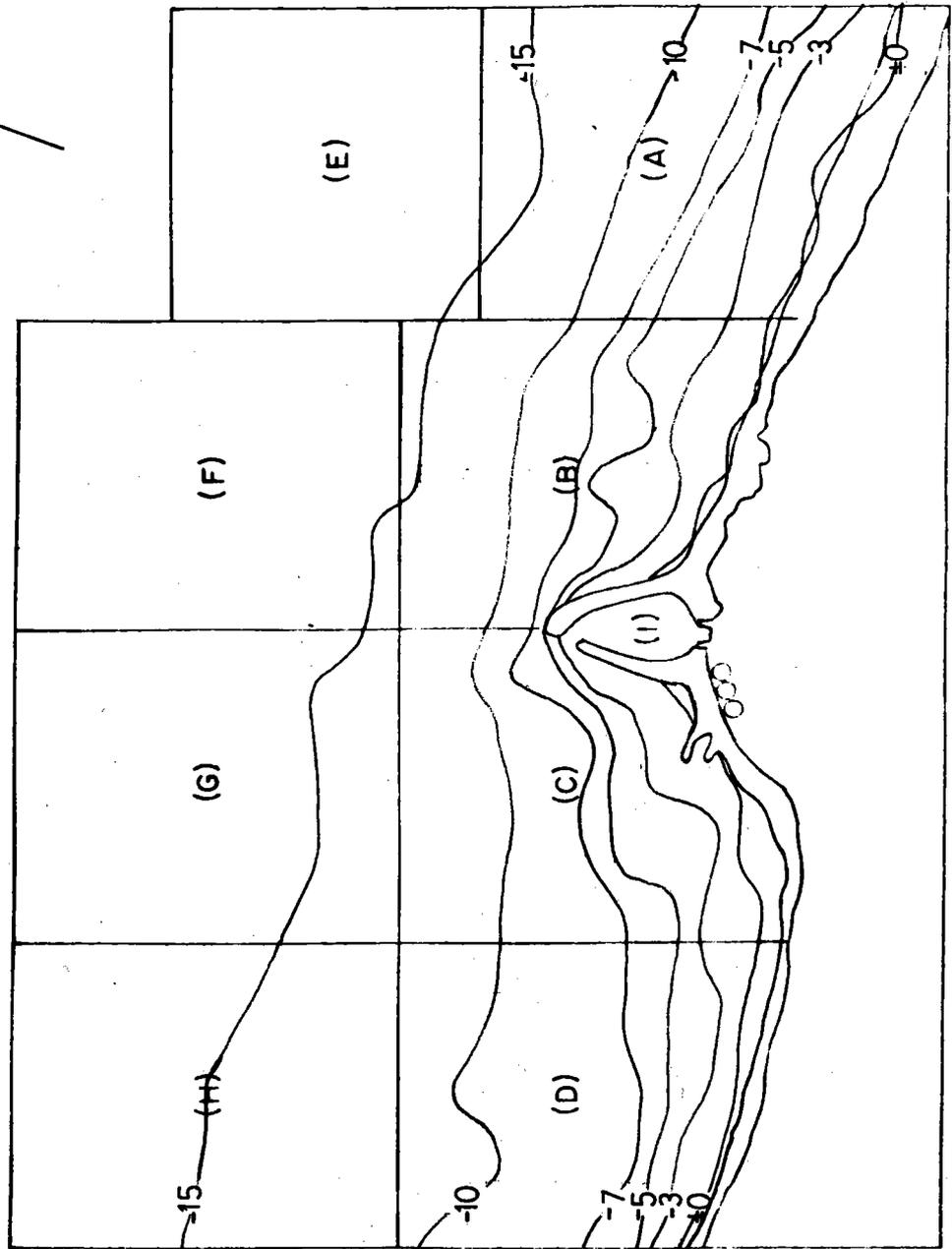


圖 26 預備試驗 I，波浪作用 90 分鐘後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：120 min
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波潮向位：N18° E
 加沙率：平均水位
 測量基準：3 l/min.
 基準點
 比例尺：1/20,000

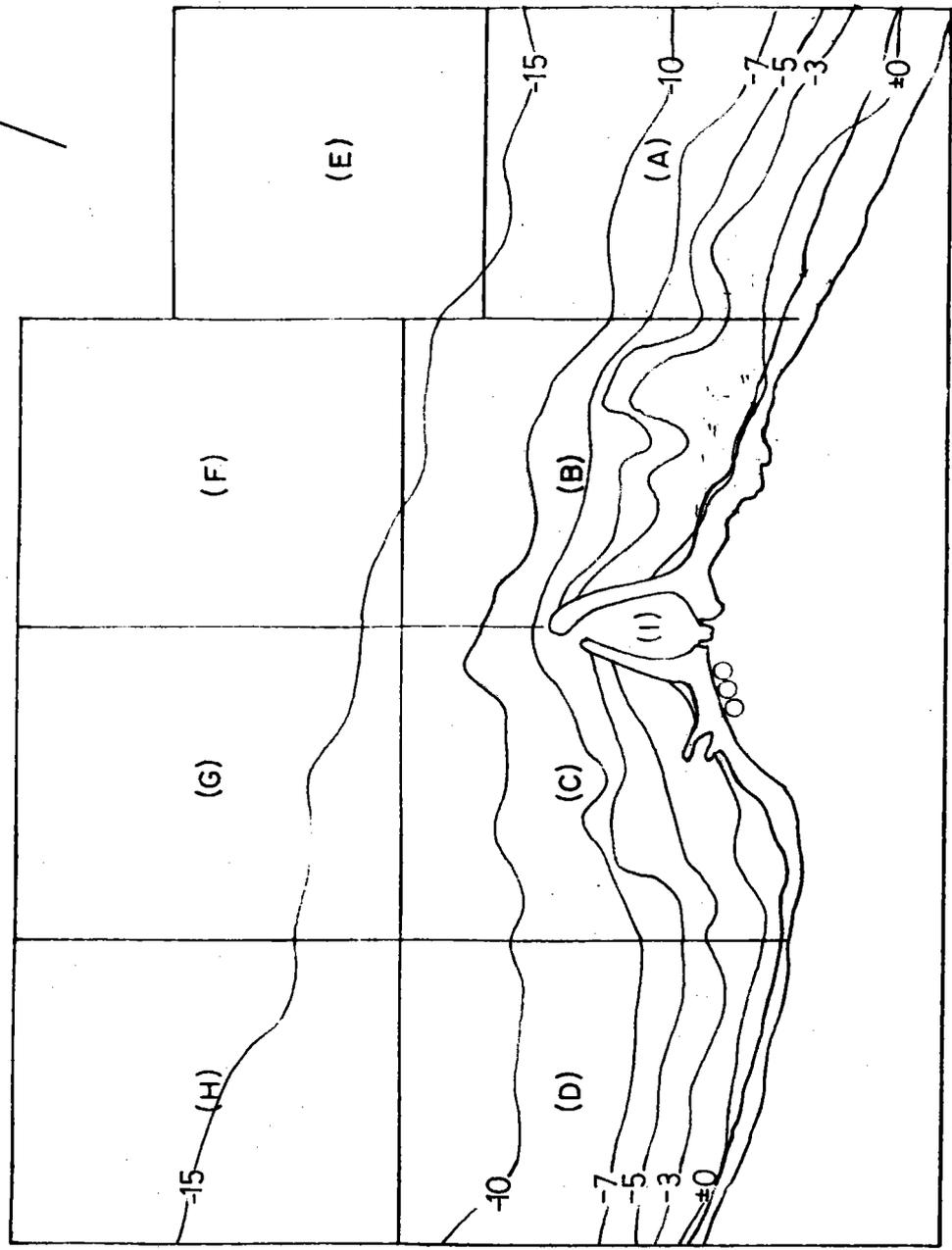


圖 27 預備試驗 I，波浪作用 120 分鐘後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：150 min
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波潮向位：N18°E
 加沙率：平均水位
 測量標準：3 l/min.
 基準點
 比例尺：1/20,000

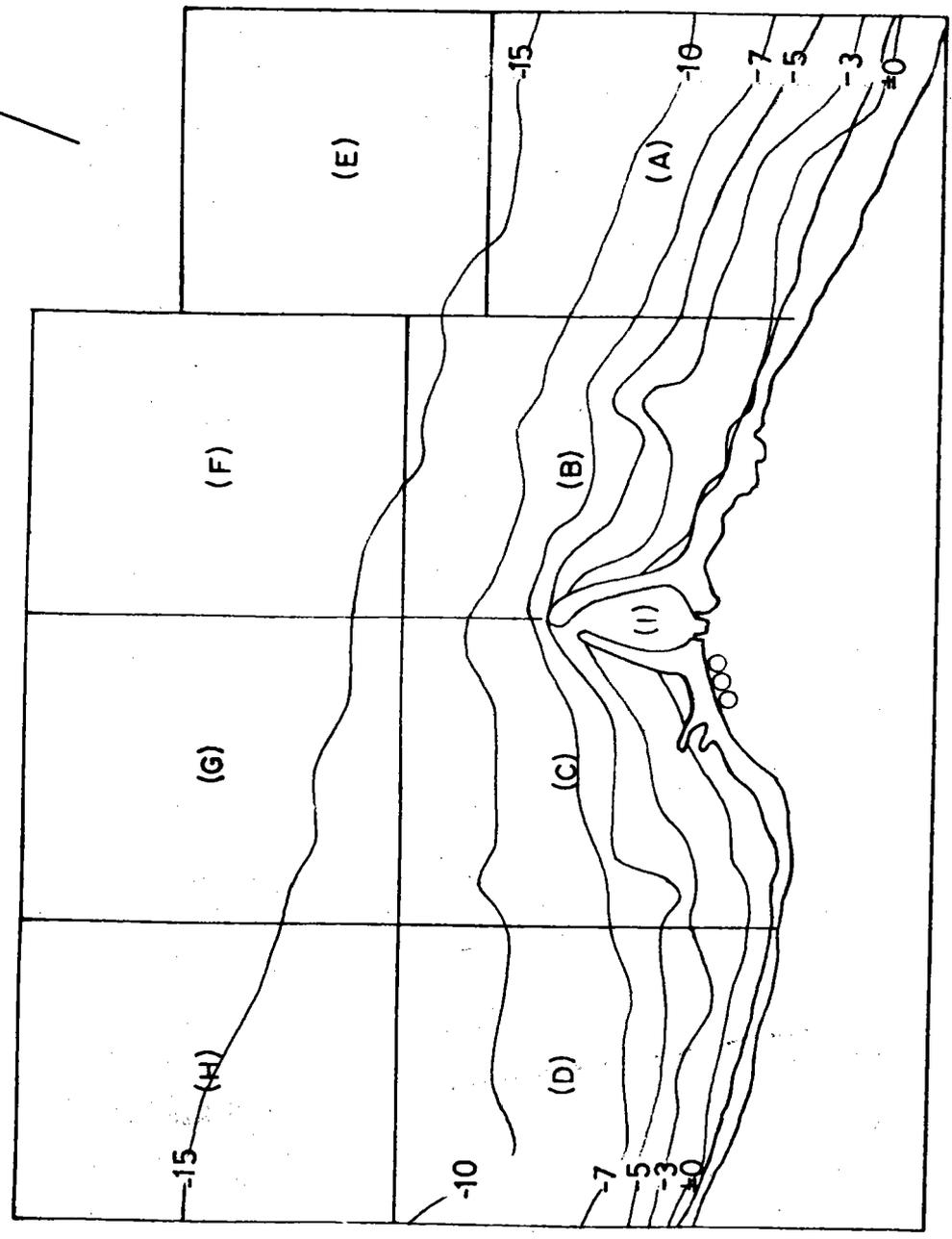


圖 28 預備試驗 I，波浪作用 150 分鐘後之地形

林口發電廠進出口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：180 min
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：平均水位
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基 準 點
 比例尺：1/20,000

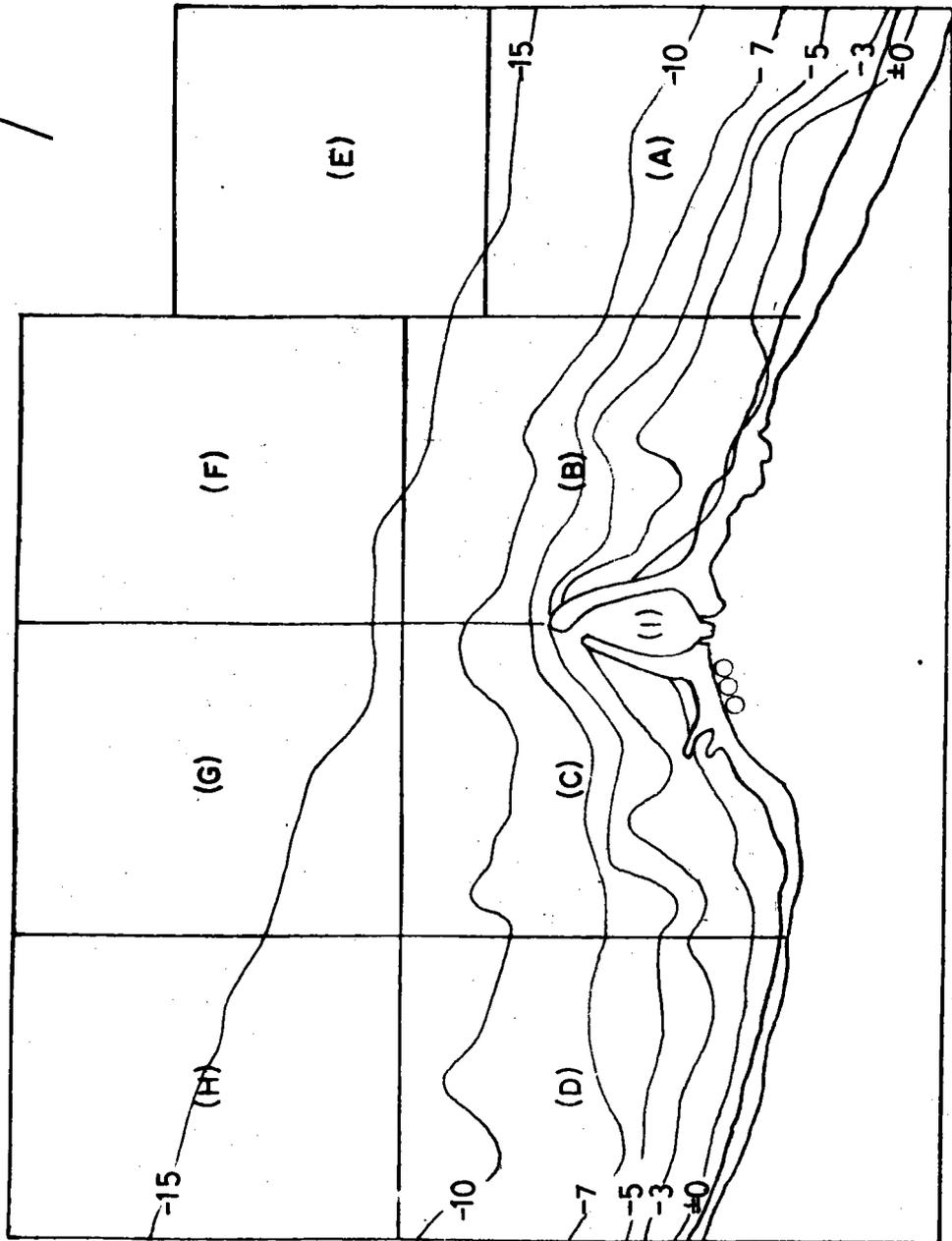


圖 29 預備試驗 I，波浪作用 180 分鐘後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 I
 造波時間：240 min
 初期地形：64.10
 波週期：4 m.
 波高：12 sec.
 波潮向位：N18° E
 加沙率：平均水位
 測量基準：3 ℓ/min.
 比例尺：基準點
 1/20,000

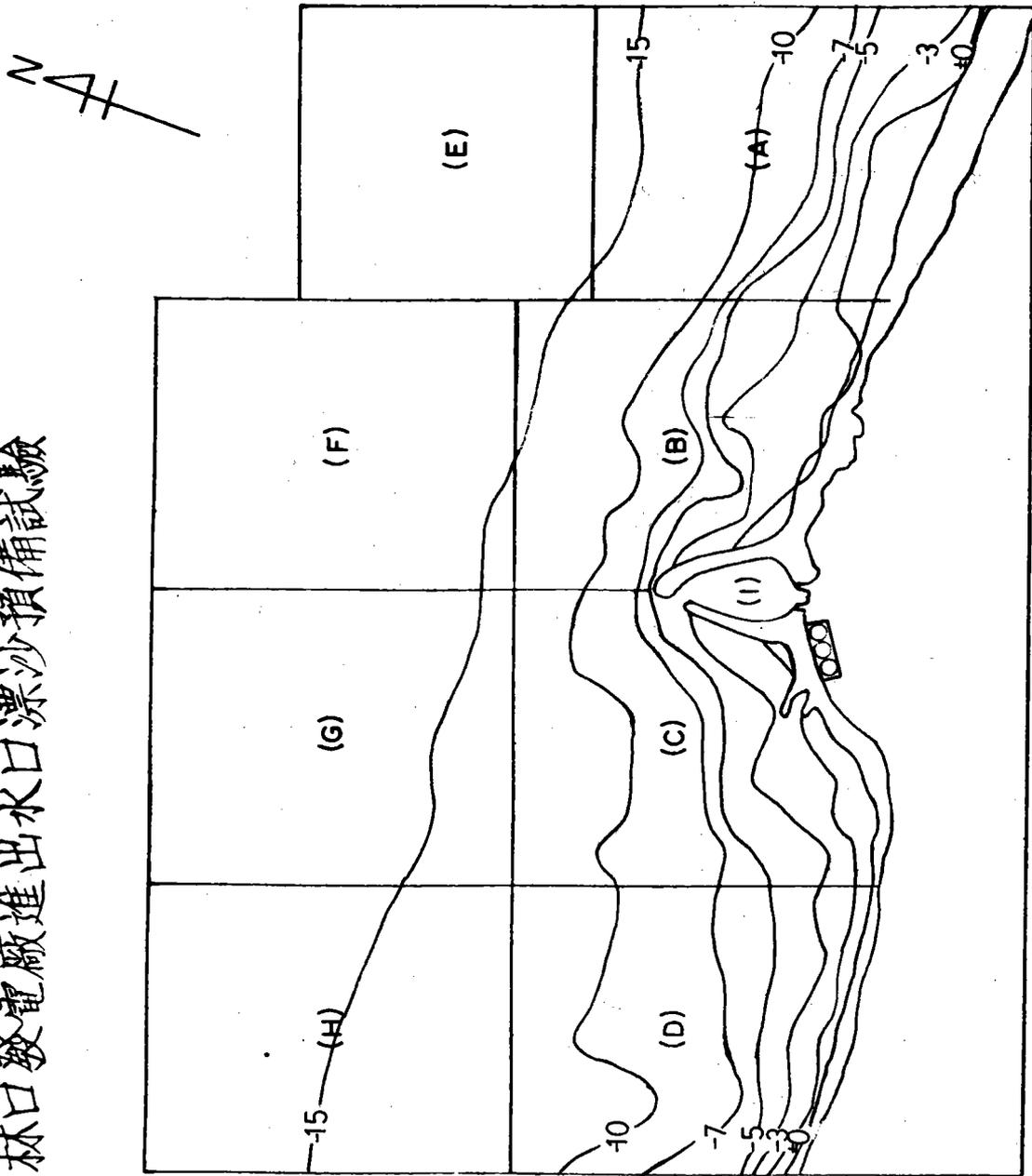


圖 30 預備試驗 I，波浪作用 240 分鐘後之地形

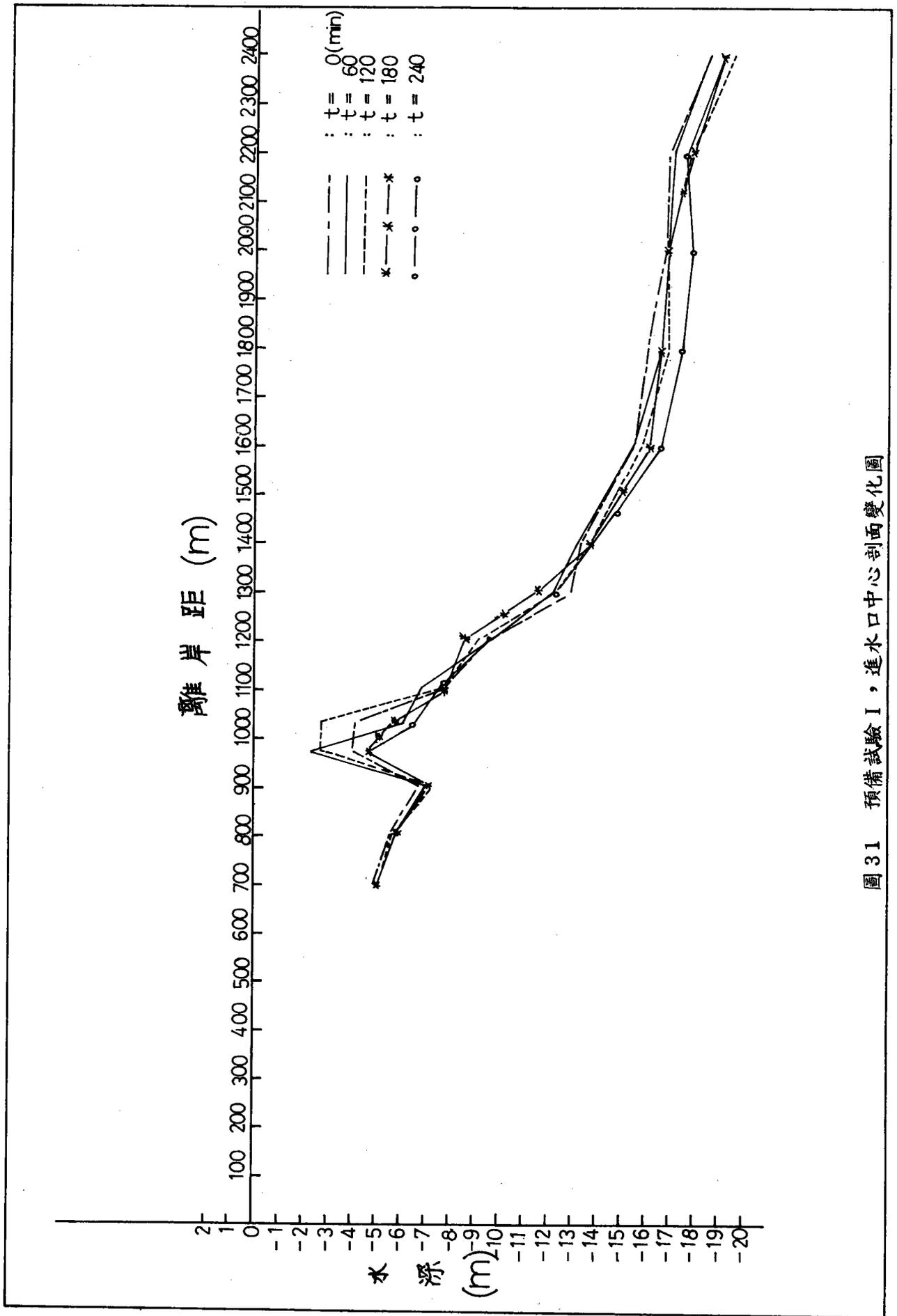


圖 31 預備試驗 I，進水口中心剖面變化圖

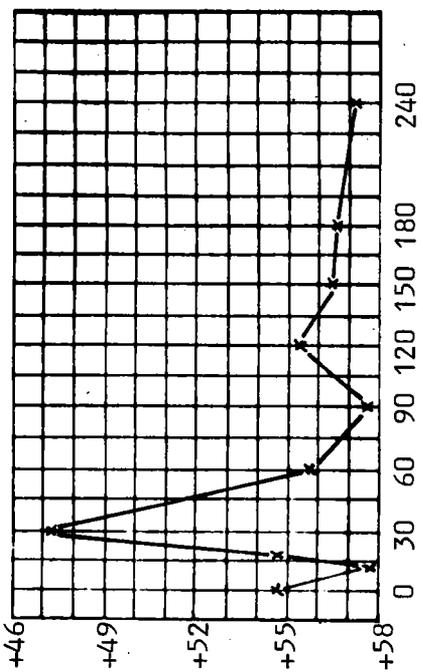


圖 32 預備試驗 I, A 區土方變化圖

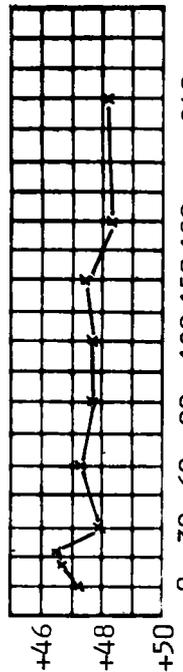


圖 33 預備試驗 I, B 區土方變化圖

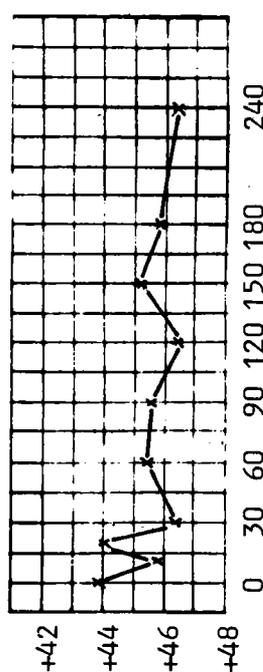


圖 34 預備試驗 I, C 區土方變化圖

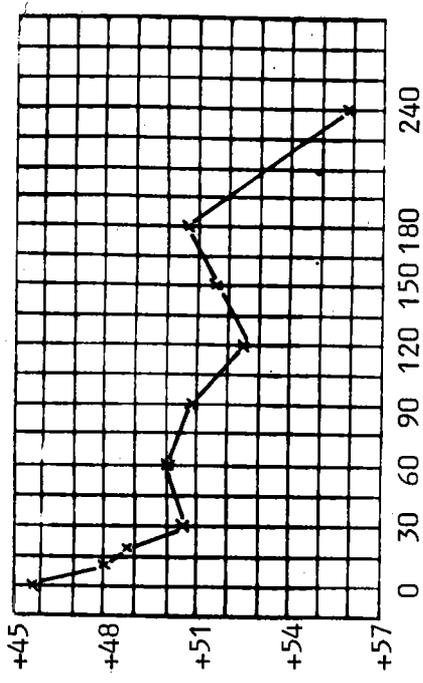


圖 35 預備試驗 I, D 區土方變化圖

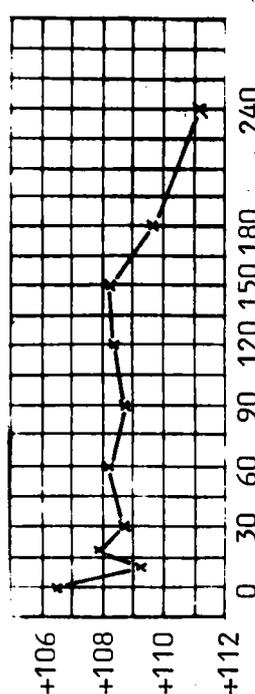
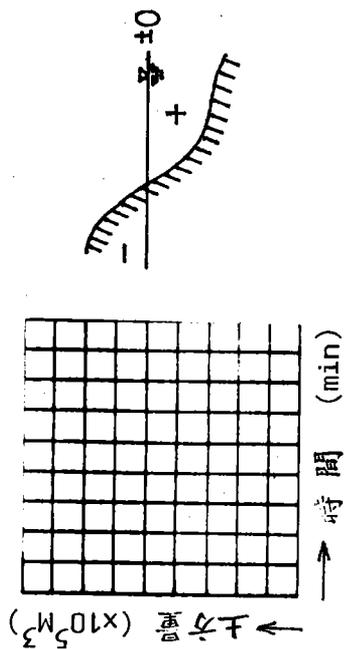


圖 36 預備試驗 I, E 區土方變化圖



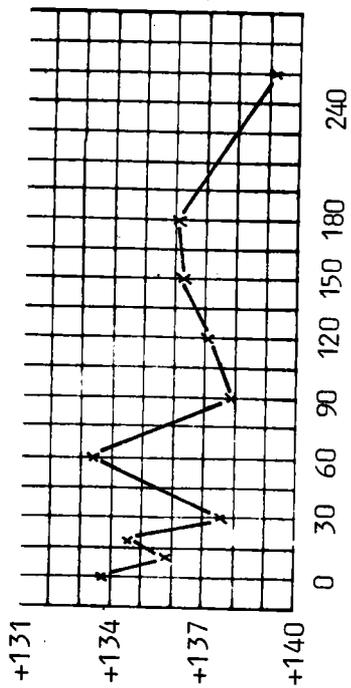


圖 37 預備試驗 I, F 區土方變化圖

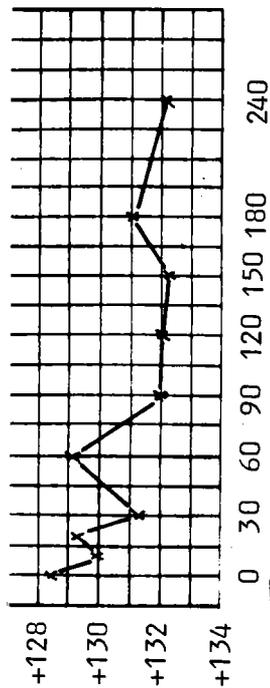


圖 38 預備試驗 I, G 區土方變化圖

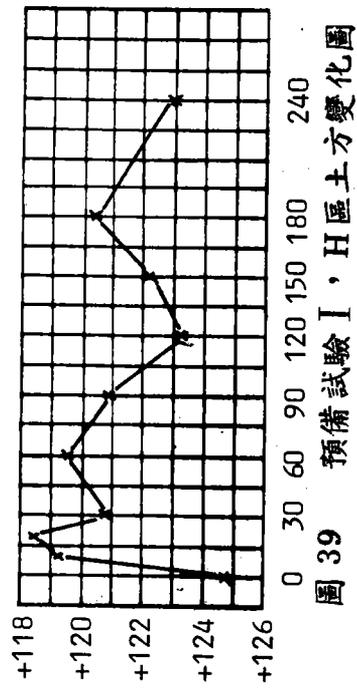


圖 39 預備試驗 I, H 區土方變化圖

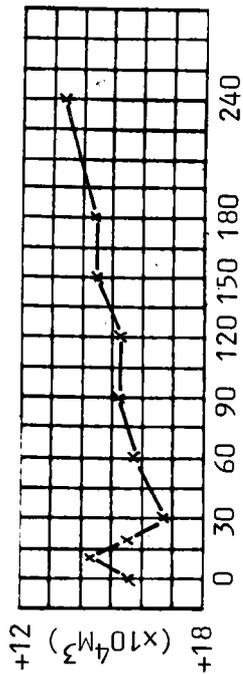


圖 40 預備試驗 I, I 區土方變化圖

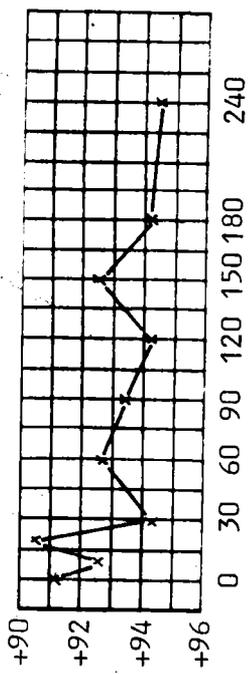
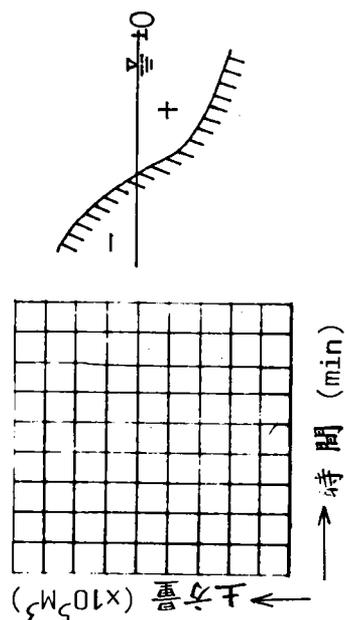
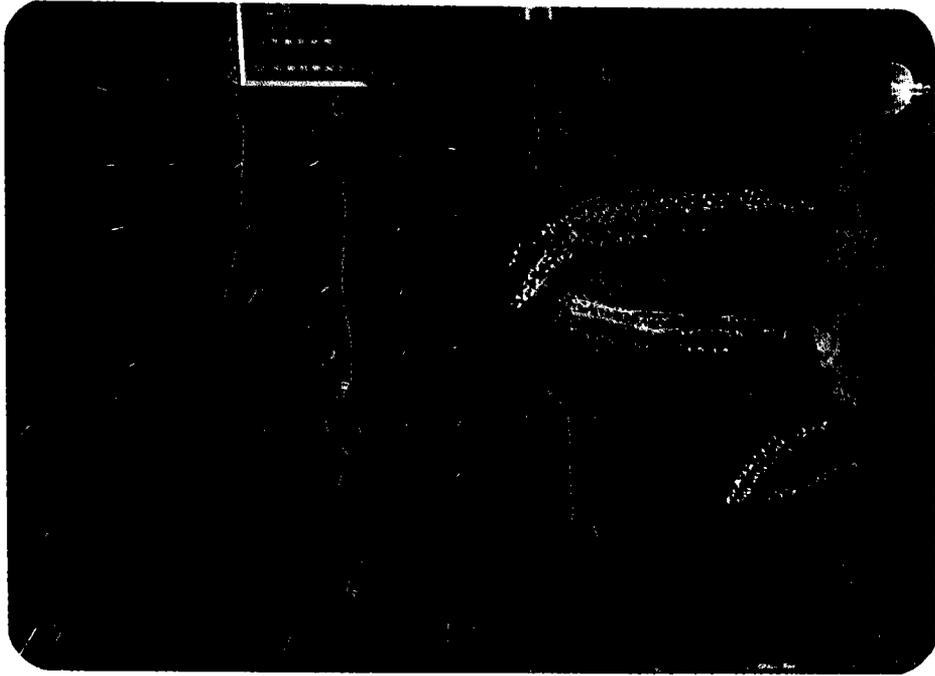
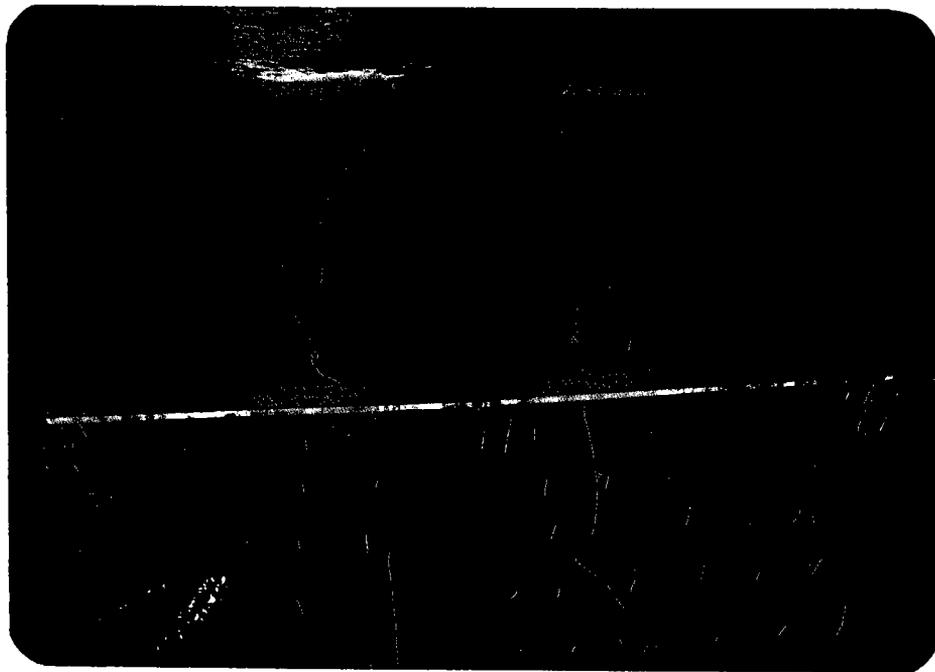


圖 40.1 預備試驗 I, B+C 區土方變化圖

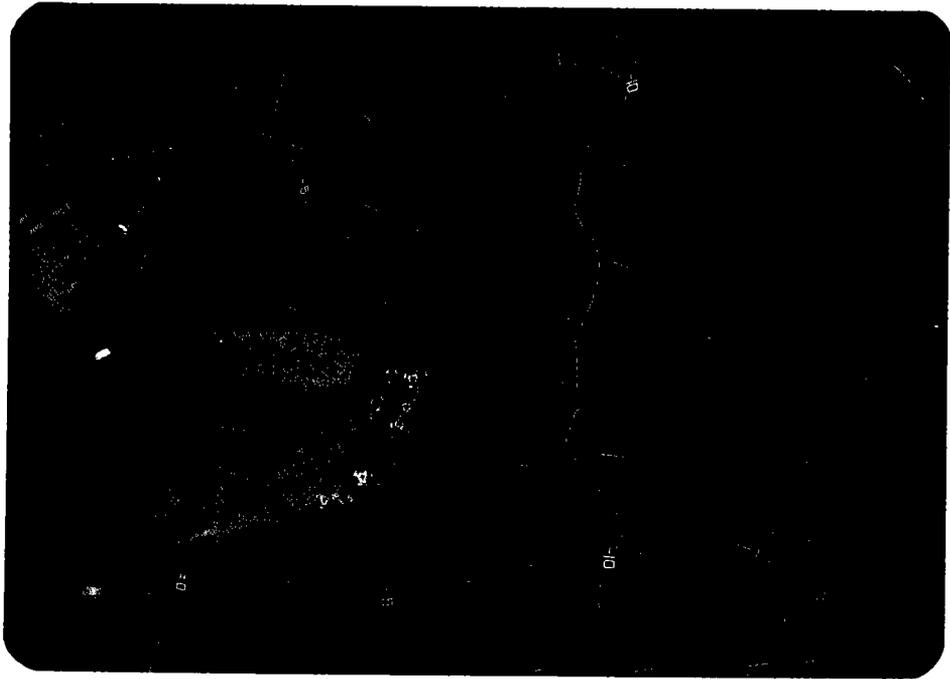




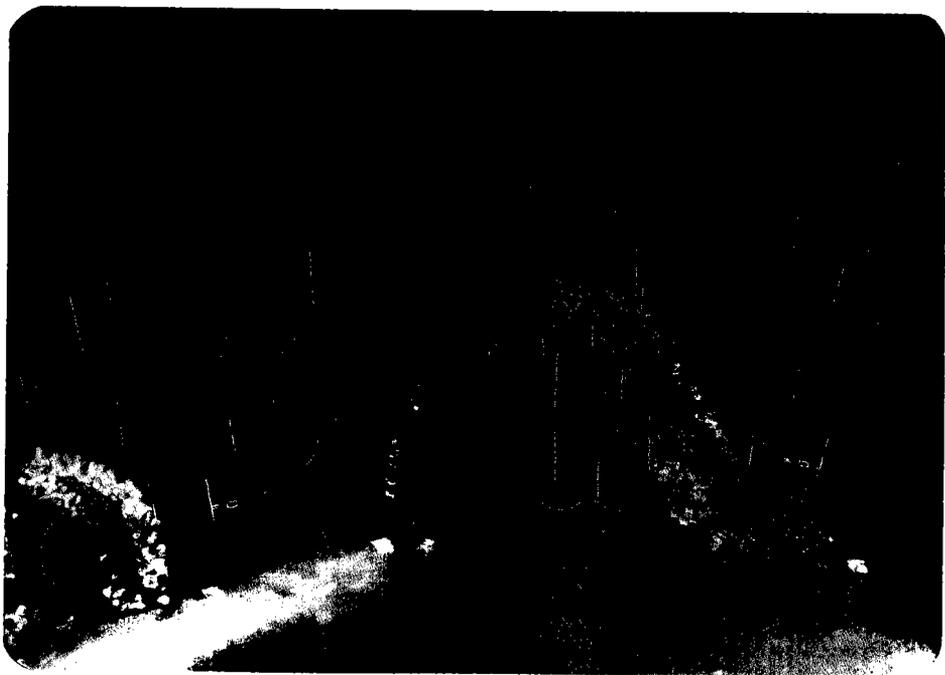
照片 3：預備試驗 I，林口電廠進出水口模型
鋪設初期地形



照片 4：預備試驗 I，林口電廠進出水口下游模型
鋪設初期地形



照片 5：預備試驗 I，波浪作用 4 小時後，
林口電廠進出水口海岸之地形變化



照片 6：預備試驗 I，波浪作用 4 小時後，
林口電廠進出水口海岸之地形變化

2. 預備試驗 II——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 $N 18^{\circ} E$ ，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 $+ 3.1 \text{ m}$ ，低水位 $- 0.3 \text{ m}$ ，並以週期 12 小時 25 分為變化之正弦潮位曲線，加沙地點詳見圖 20 所示，加沙率最初為每分鐘 4 公升，後來改用每分鐘 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。當造波累積 2 小時後，加砂已對上游邊界產生影響，等深線有往外海推移之趨勢，但進水口附近仍為侵蝕，僅於入口處略有堆積，而下游則為侵蝕，造波時間 4 小時後進水口上游 -5 m 以淺之等深線向外海推移，顯見加沙之影響漸顯著，而於進水口處仍為堆積，在進出水口之間之 -3 m 、 -5 m 均向海外移，下游則形成侵蝕。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，因加沙為波沖至碎波帶，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。

試驗過程中每小時地形如圖 41 至圖 48 所示。

試驗過程中進水口中心剖面變化如圖 49 所示。

試驗過程中各區土方變化如圖 50 至圖 58.1 所示。

預備試驗 II 之初期地形如照片 7、8。

預備試驗 II 波浪作用 7 小時後之地形如照片 9、10，其中白色毛線表示等深線。

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：0 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮流：高低潮位變化
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

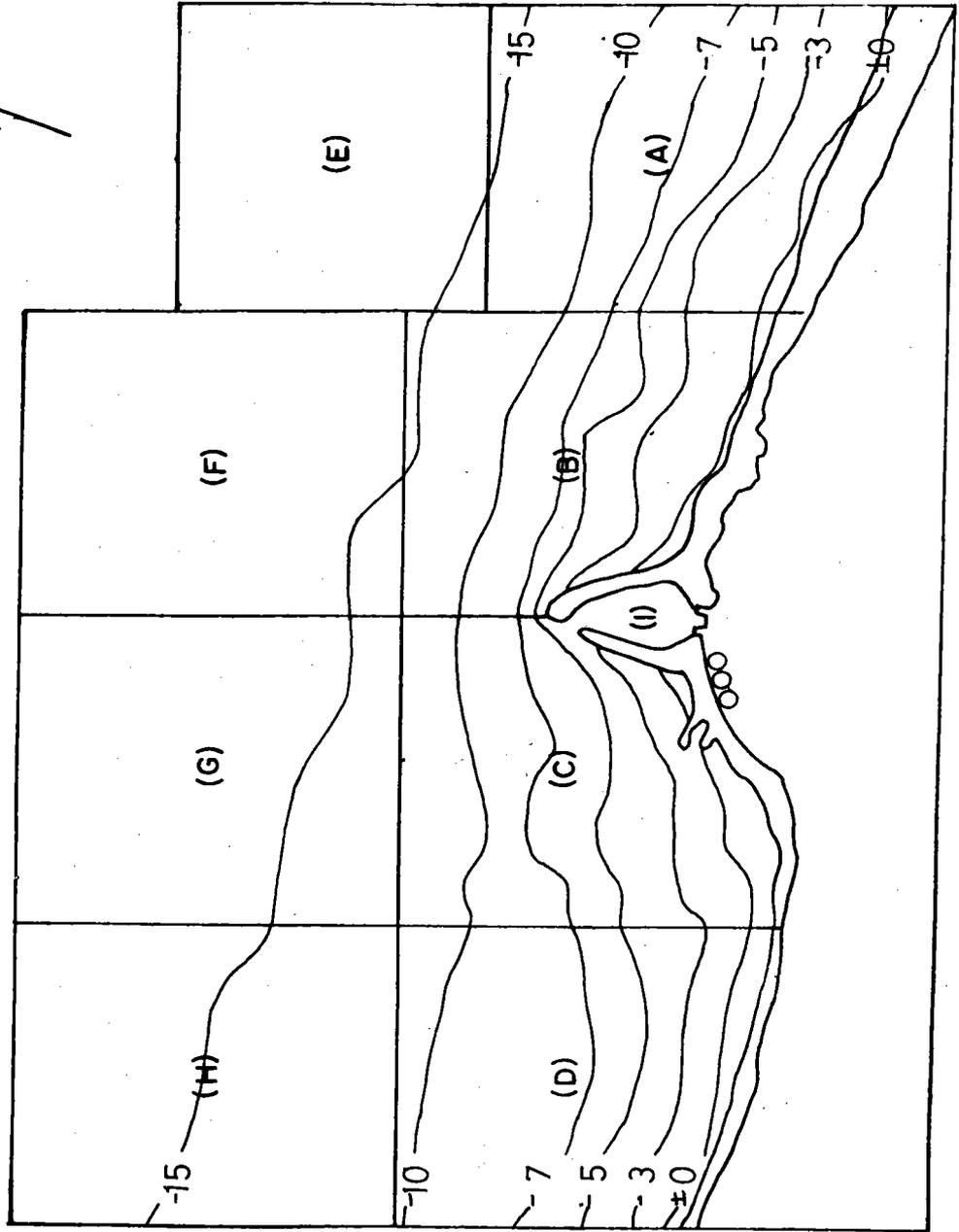


圖 41 預備試驗 II，波浪作用前之初期地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：1 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

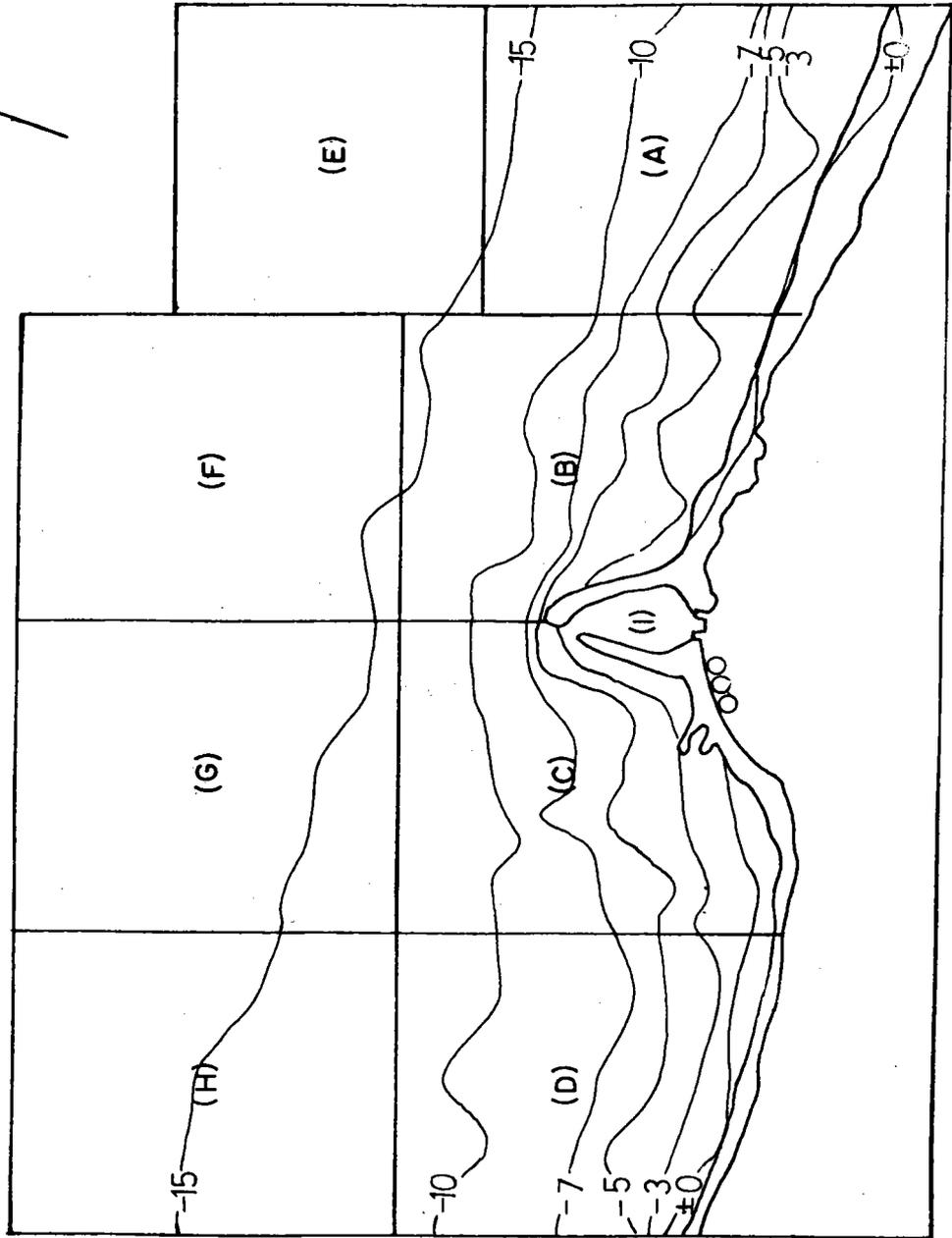


圖 42 預備試驗 II，波浪作用 1 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：2 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮流位：高低潮位變化
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

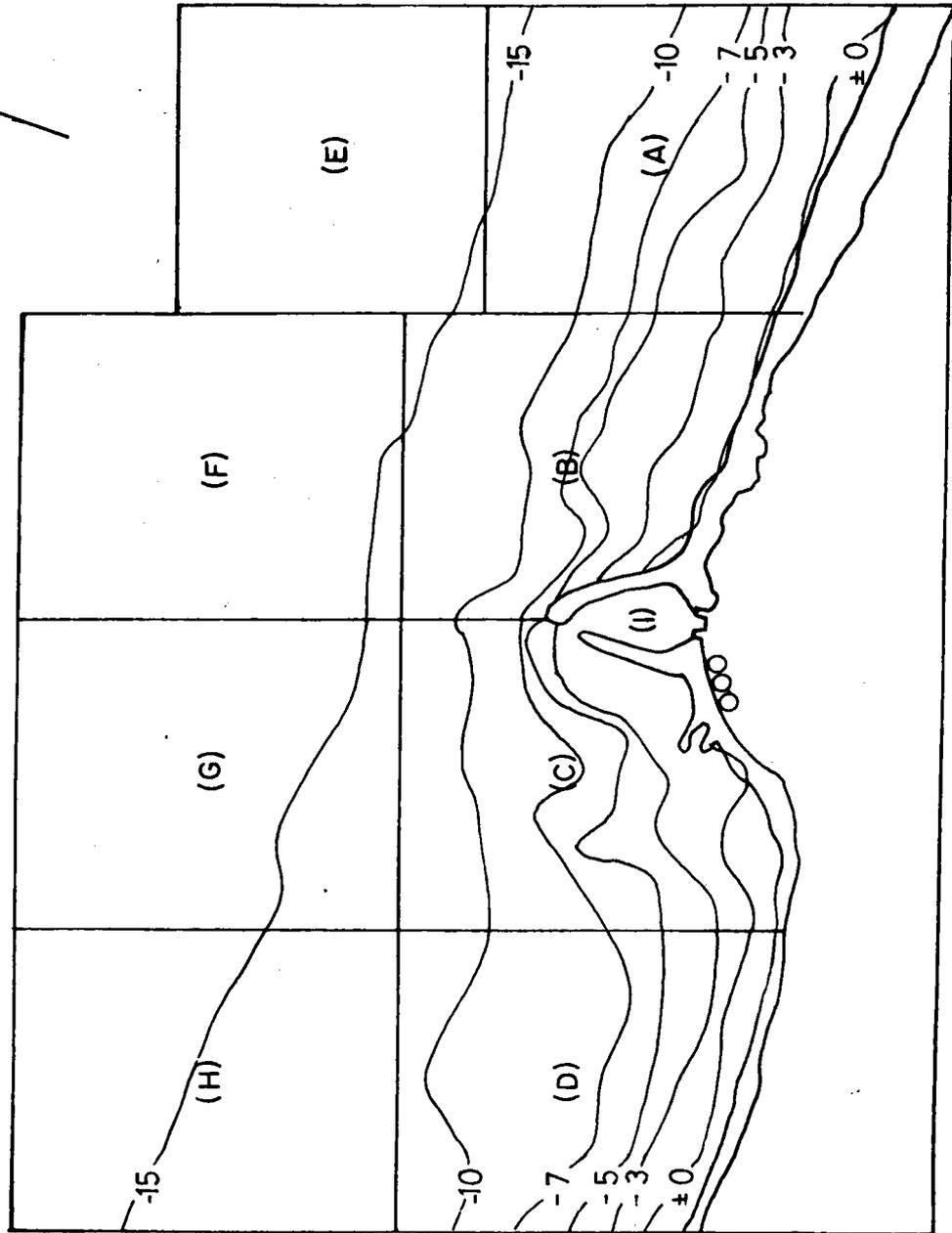


圖 43 預備試驗 II，波浪作用 2 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：3 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

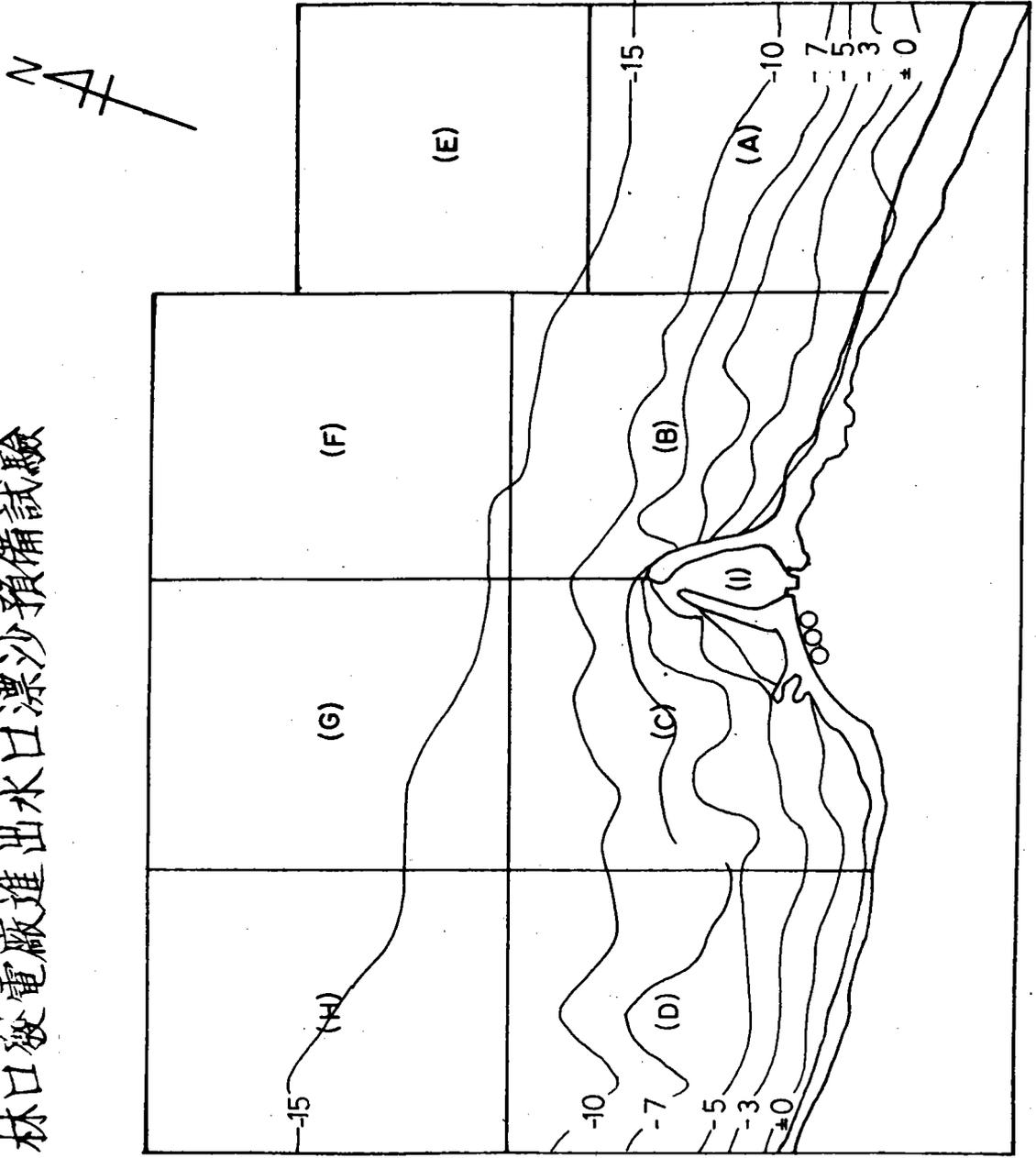


圖 44 預備試驗 II，波浪作用 3 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：4 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

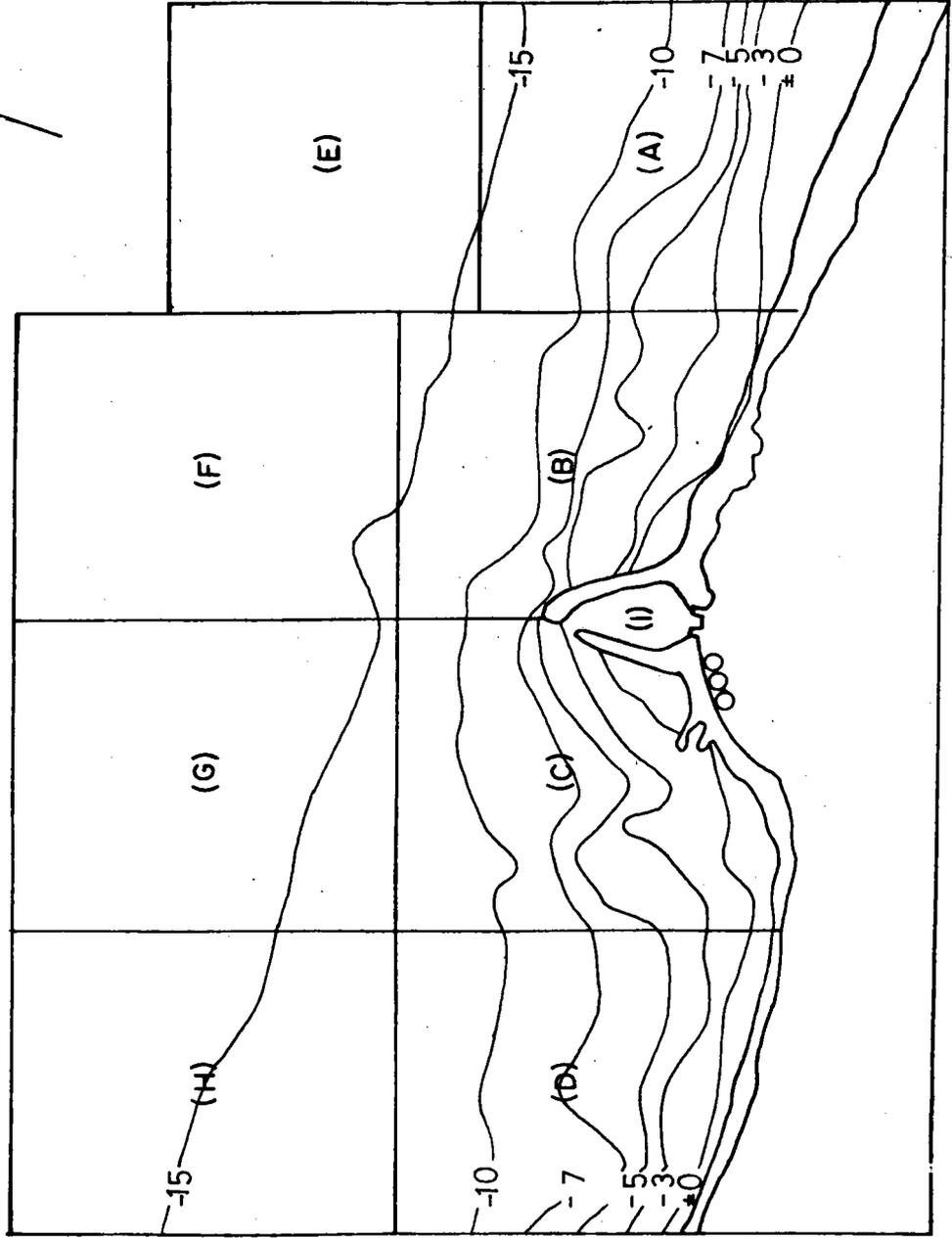


圖 45 預備試驗 II，波浪作用 4 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：5 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

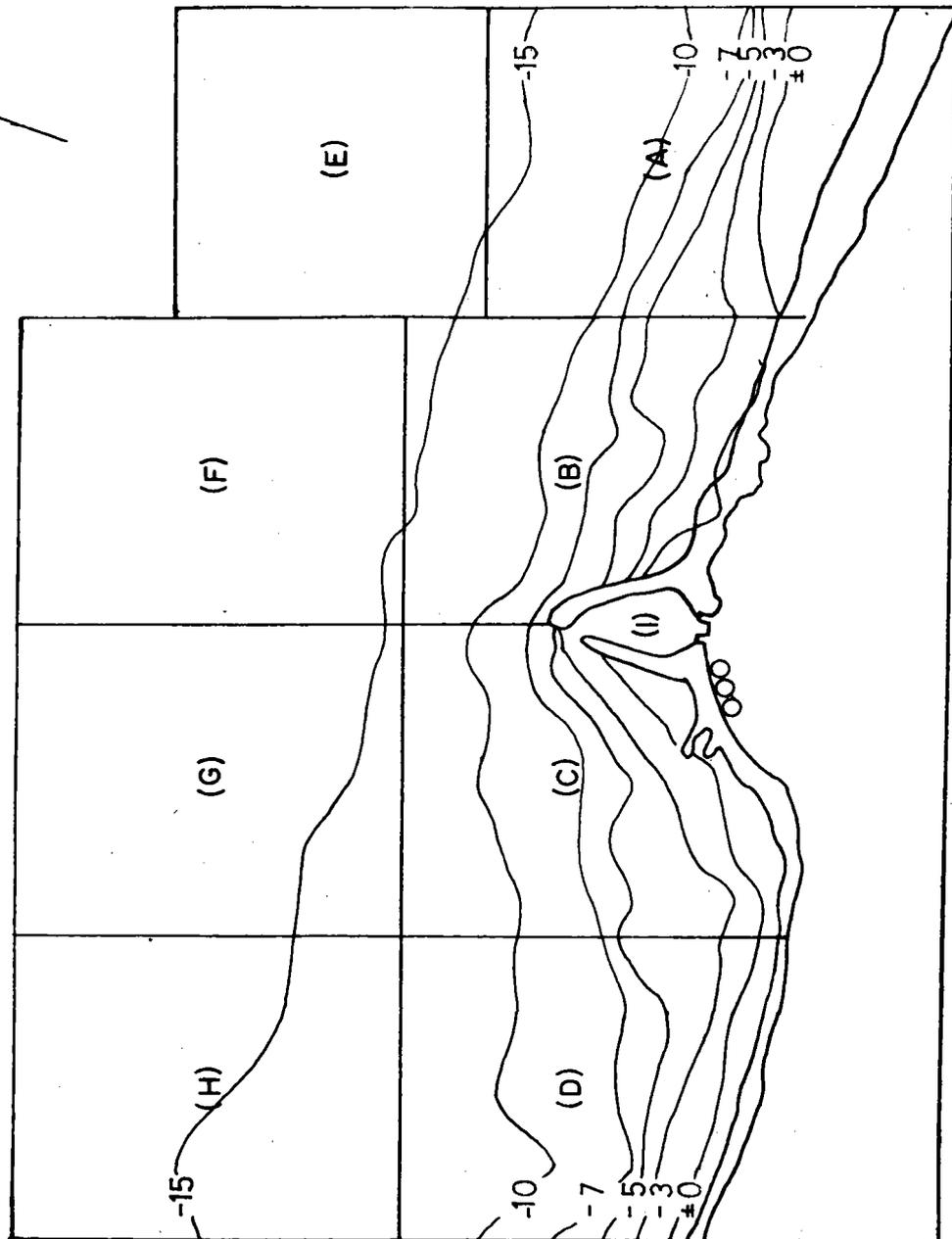


圖 46 預備試驗 II，波浪作用 5 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：6 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 向位：N18°E
 加沙率：高低潮位變化
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

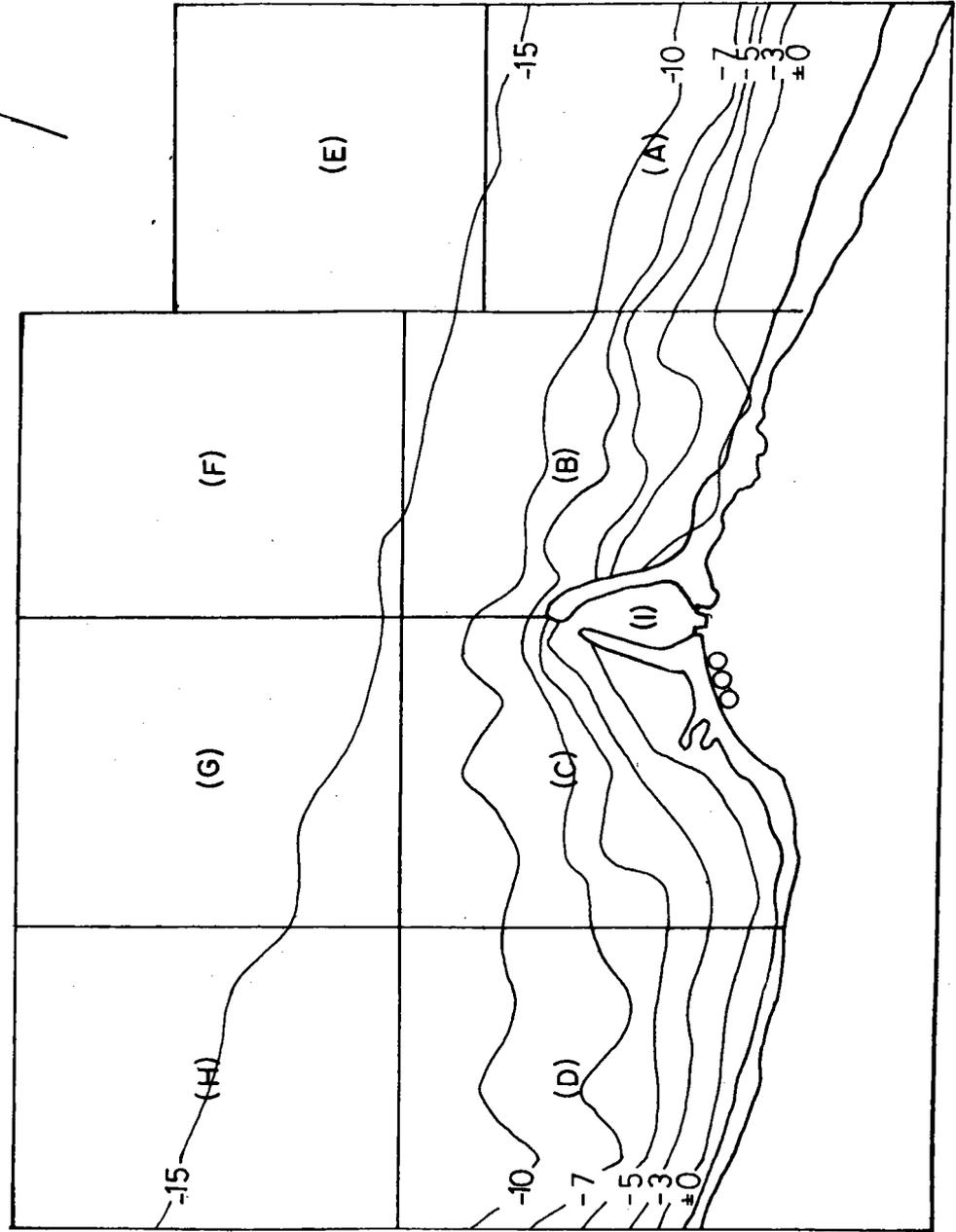


圖 47 預備試驗 II，波浪作用 6 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：7 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：N18°E
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：3 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

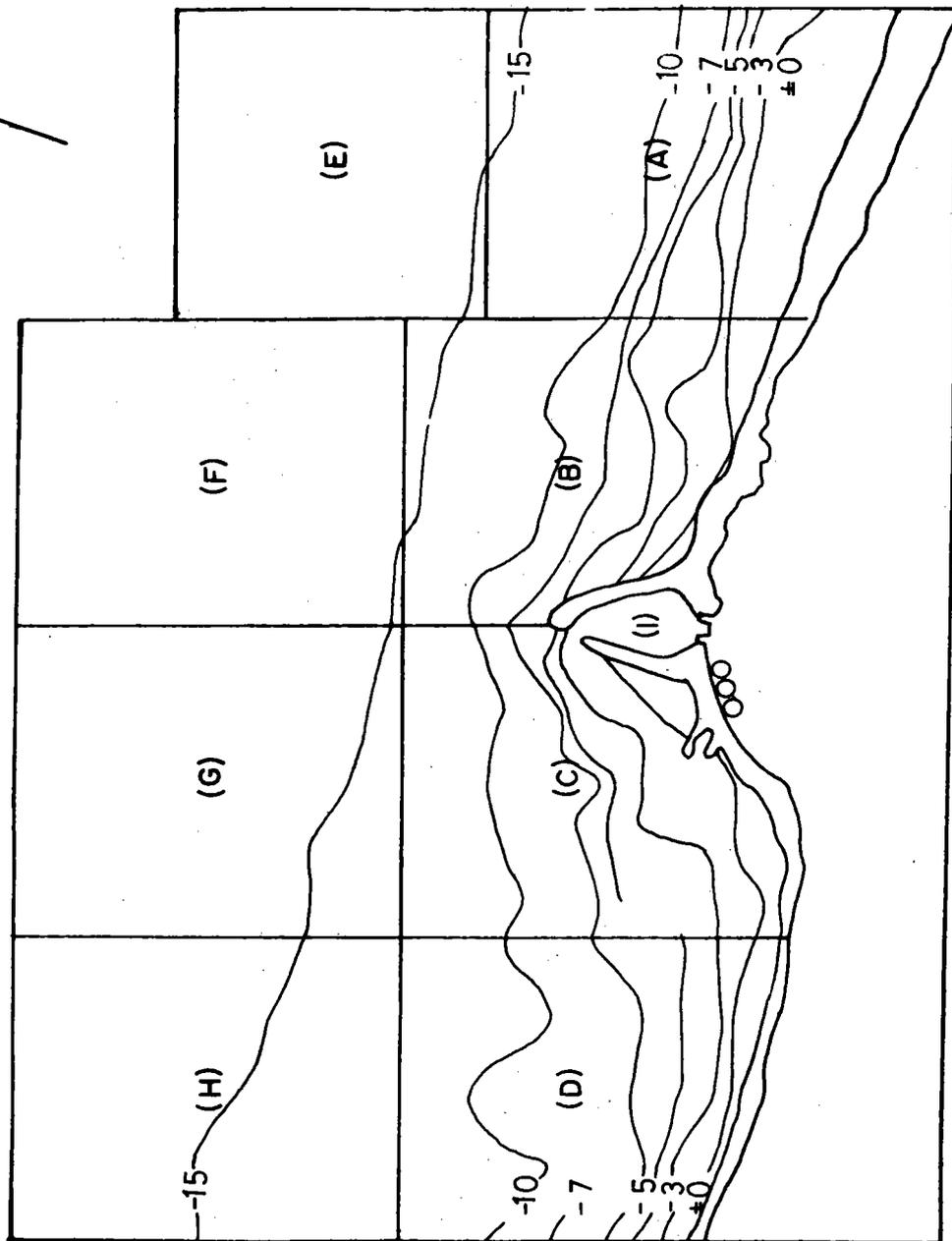


圖 48 預備試驗 II，波浪作用 7 小時後之地形

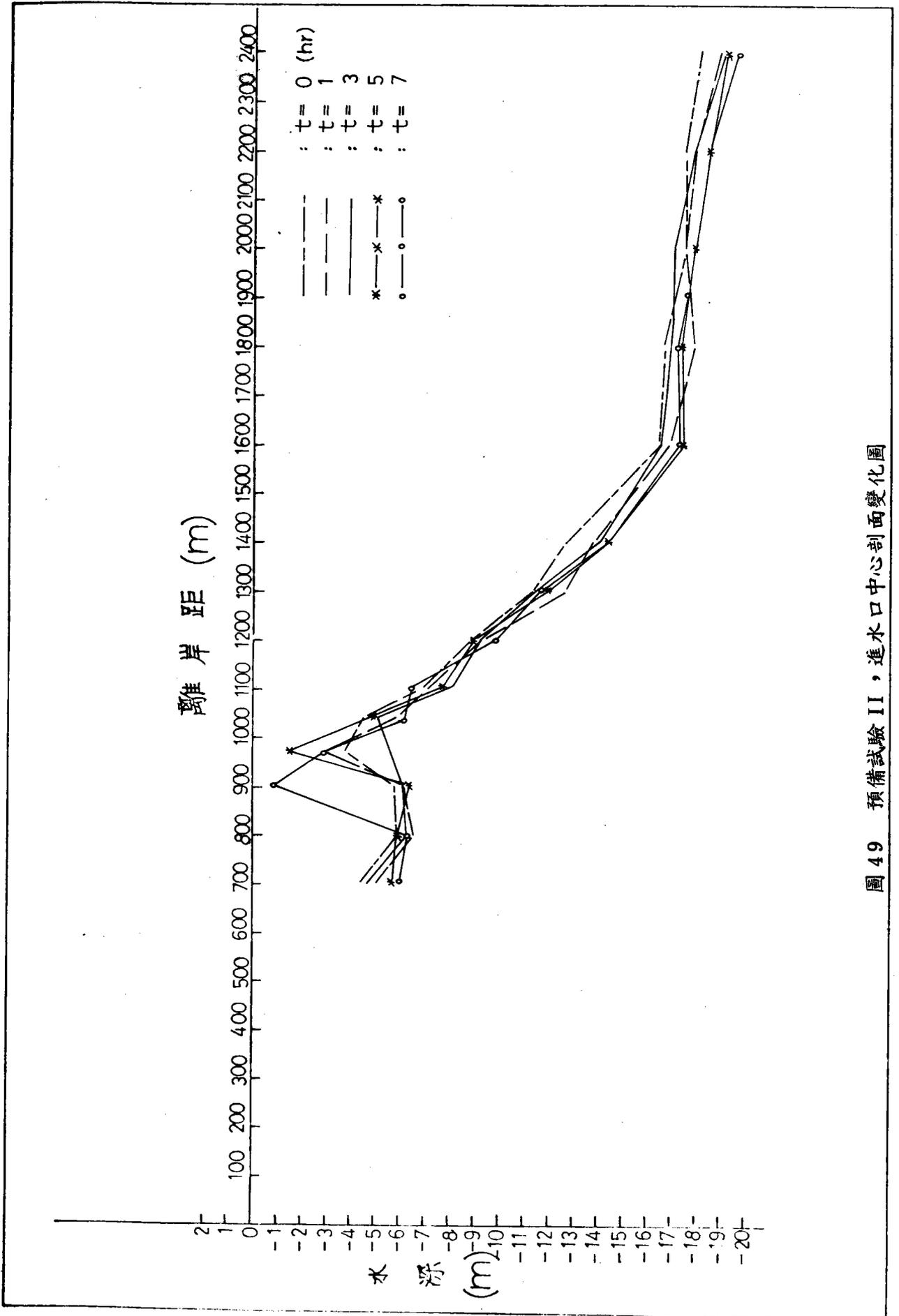


圖 49 預備試驗 II，進水口中心剖面變化圖

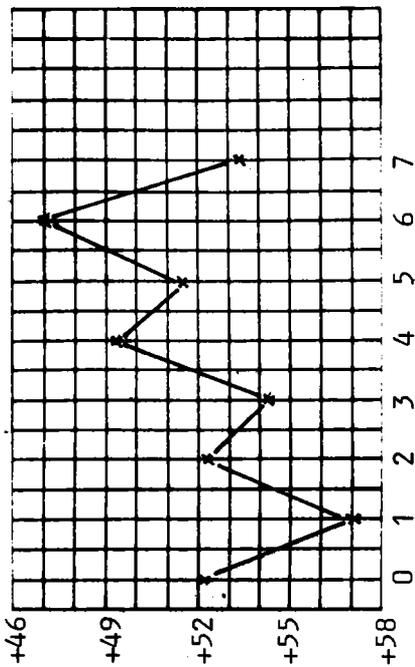


圖 50 預備試驗 II, A 區土方變化圖

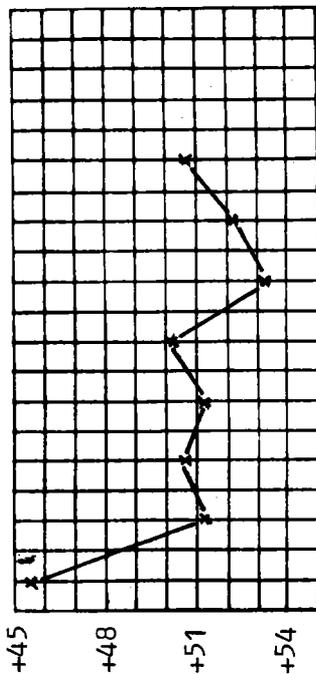


圖 51 預備試驗 II, B 區土方變化圖

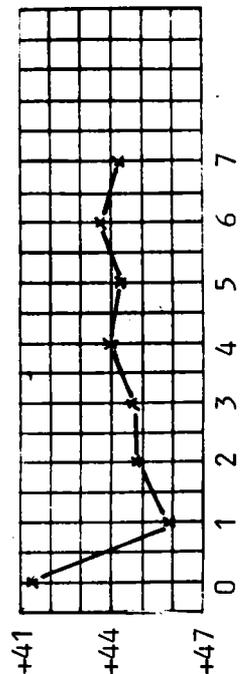


圖 52 預備試驗 II, C 區土方變化圖

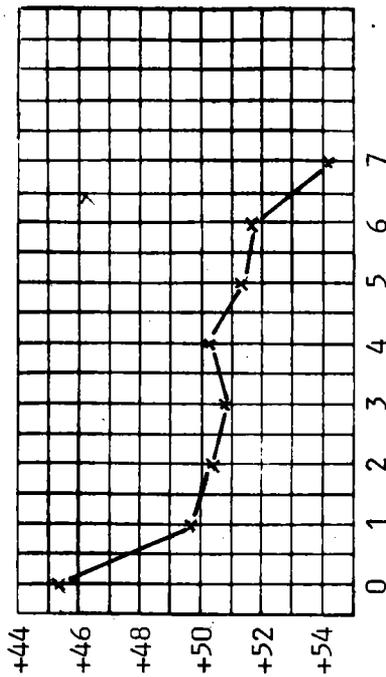


圖 53 預備試驗 II, D 區土方變化圖

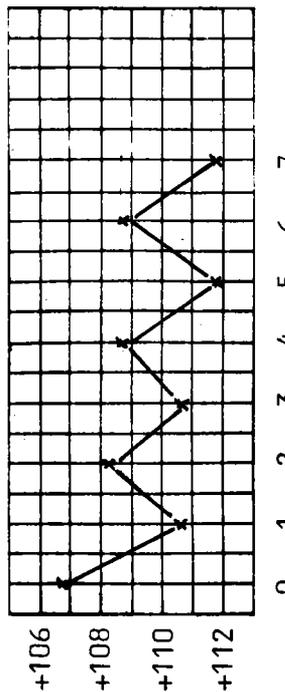
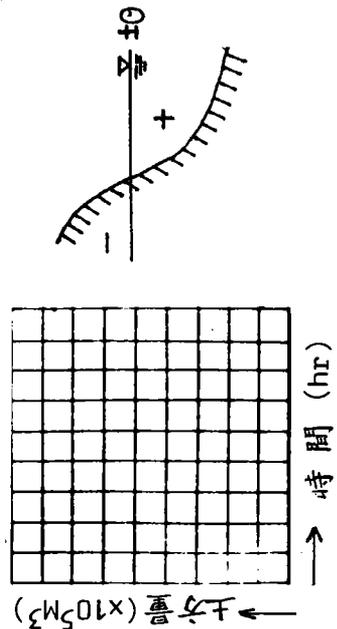


圖 54 預備試驗 II, E 區土方變化圖



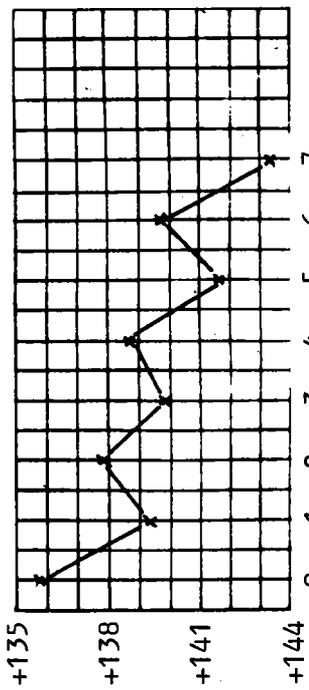


圖 55 預備試驗 II, F 區土方變化圖

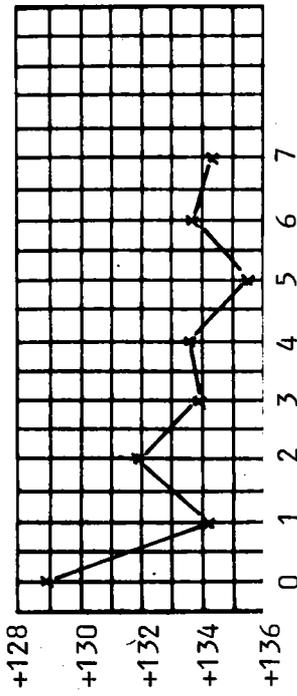


圖 56 預備試驗 II, G 區土方變化圖

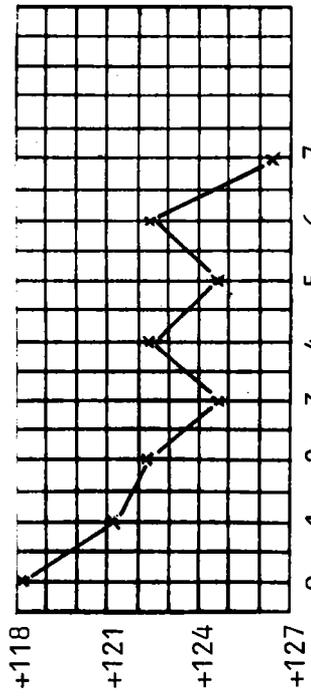


圖 57 預備試驗 II, H 區土方變化圖

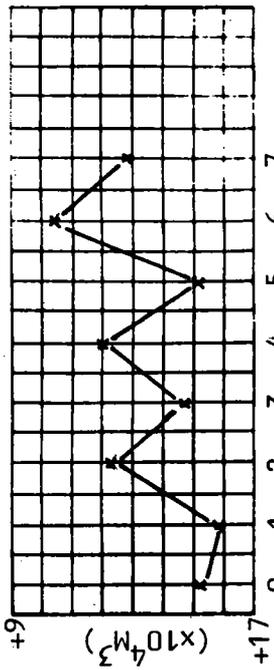


圖 58 預備試驗 II, I 區土方變化圖

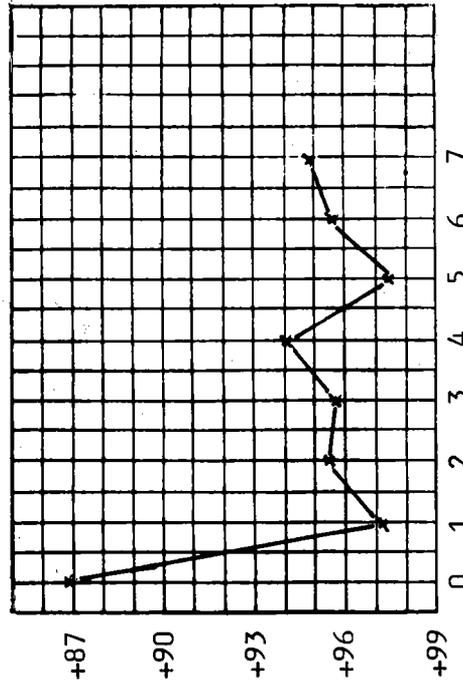
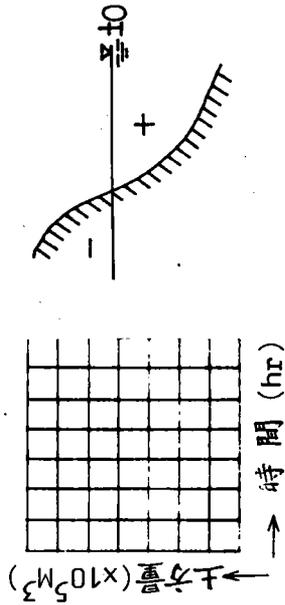
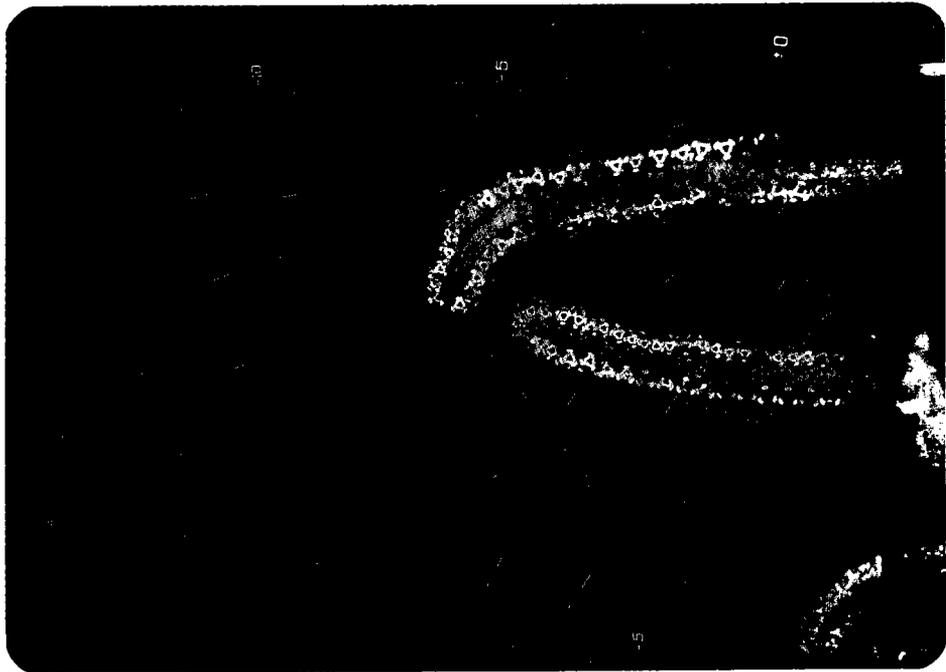
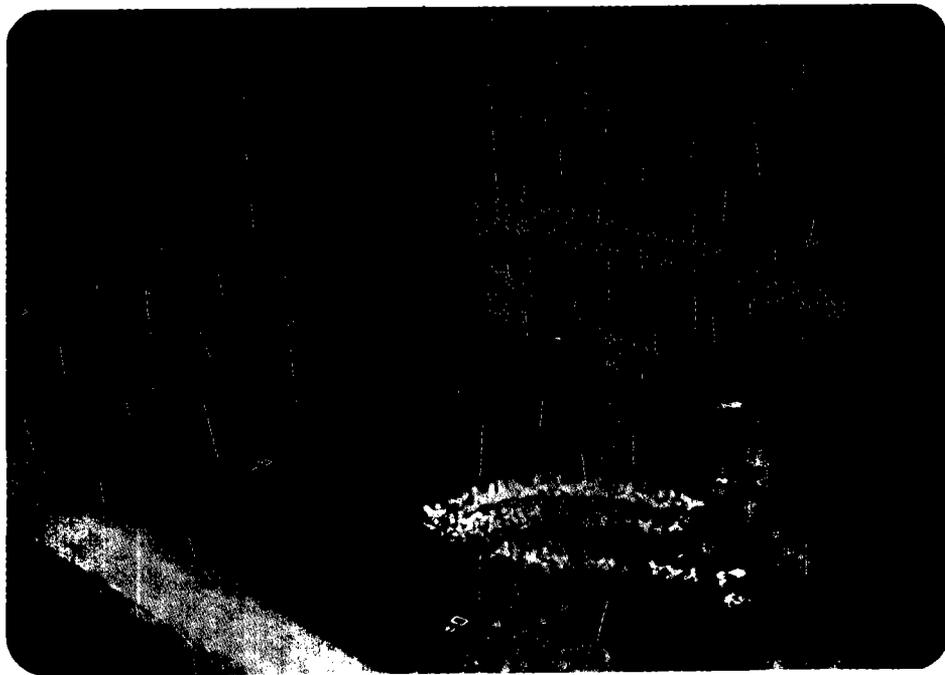


圖 58.1 預備試驗 II, B+C 區土方變化圖

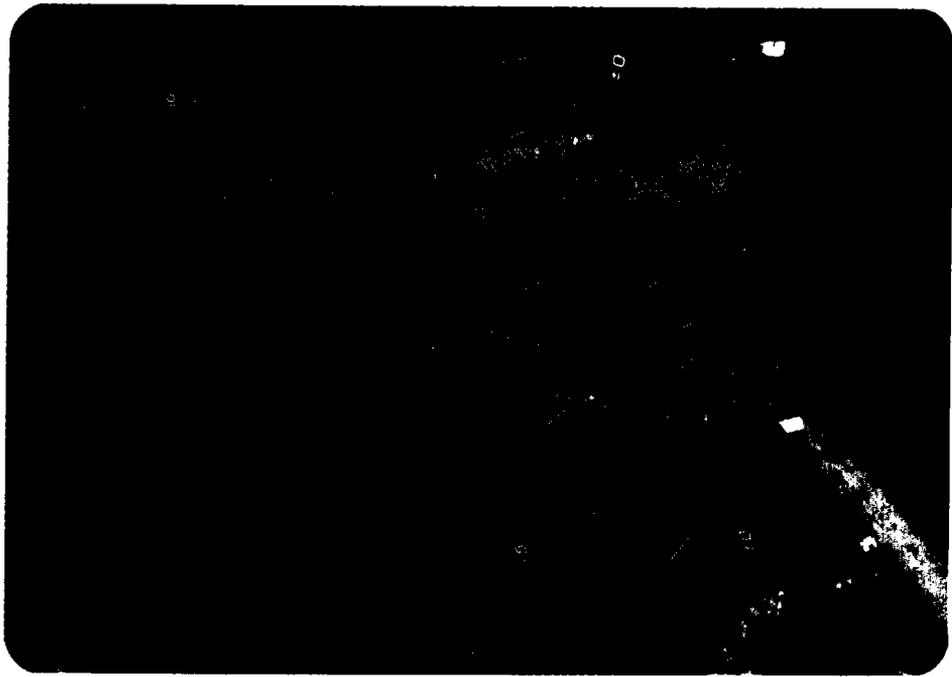




照片 7：預備試驗Ⅱ，林口電廠進出水口
模型鋪設初期地形



照片 8：預備試驗Ⅱ，林口電廠進出水口
模型鋪設初期地形。



照片 9：預備試驗 II，波浪作用 7 小時後，
林口電廠海岸之地形變化



照片 10：預備試驗 II，波浪作用 7 小時後，
林口電廠海岸之地形變化。

3. 預備試驗Ⅲ——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（如圖83），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，進水口之上下游之-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。造波時間2小時後，地形有顯著變化，進出水口上游-5 m，以淺等深線均向外海前進，且附近之沿岸流速達2 m/min，但在下游則仍沖蝕中，而於進水口之入口仍有堆積。當造波時間4小時後，上游之-5 m以淺之等深線均堆積與林口海岸之地形相一致，而進水口處仍逐漸堆積之中，當造波時間達7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，其等深線向岸移有少許侵蝕，但於進水口入口處漂沙顯著堆積，進水口已淤塞，乃結束本試驗。

由圖68、69、70乃知B、C區之土方變化趨勢與現場相似，且由各區代表點之水深一時間變化圖亦可知該點屬堆積或侵蝕。

試驗過程中，每小時地形如圖59至圖66所示。

試驗過程中，進水口中心剖面變化如圖67所示。

試驗過程中，各區土方變化如圖68至圖76.1所示。

試驗過程中，各區代表點之水深一時間變化如圖77至圖82所示。

預備試驗Ⅲ沿岸流況分佈如圖83所示。

預備試驗Ⅲ之初期地形如照片11、12所示。

預備試驗Ⅲ波浪作用7小時後之地形如照片13、14所示。

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗Ⅲ
 造波時間：0 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

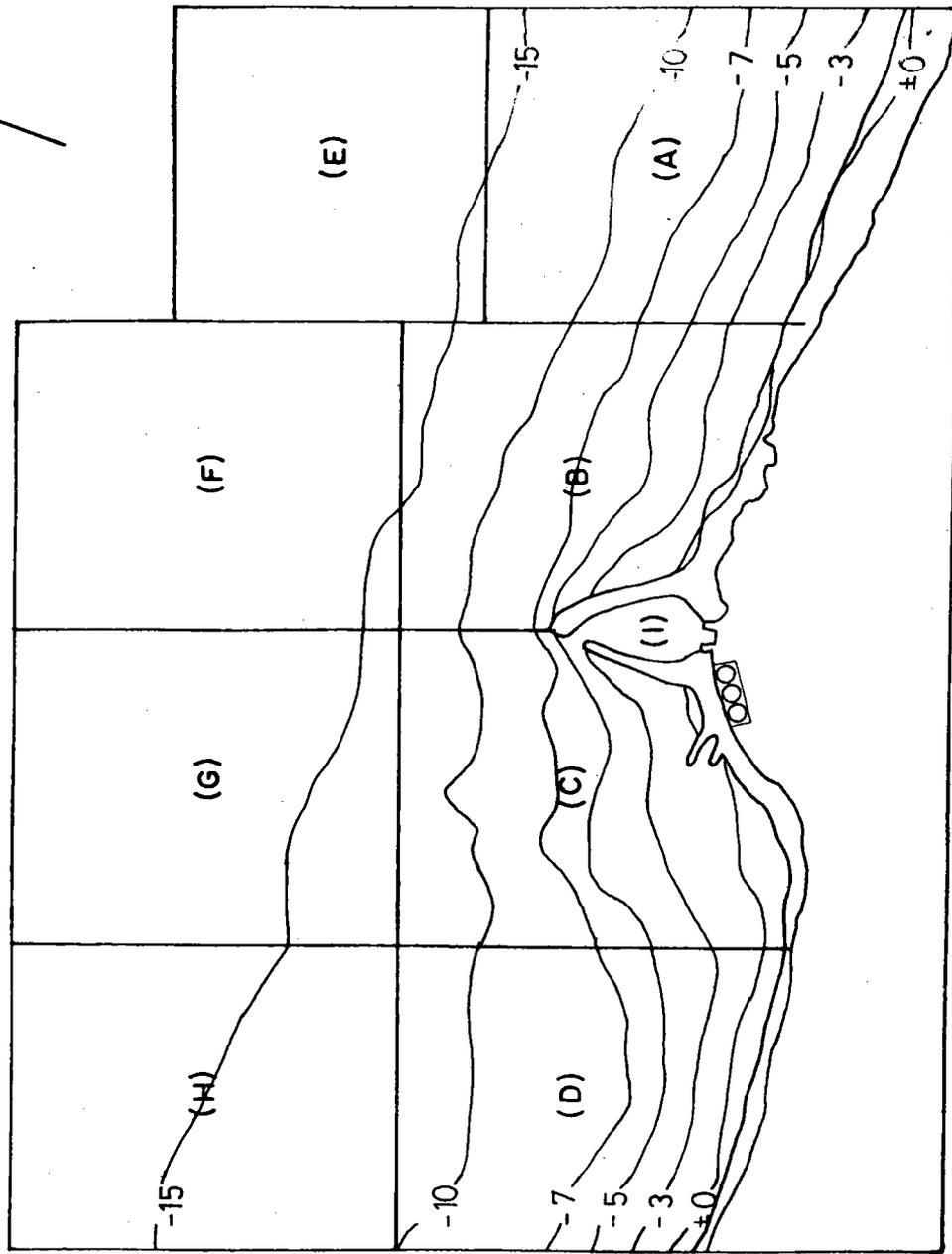


圖 59 預備試驗Ⅲ，波浪作用前之初期地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗Ⅱ
 造波時間：1 hr.
 初期地形：64.10
 波週期：4 m.
 波高：12 sec.
 波向：NNE
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

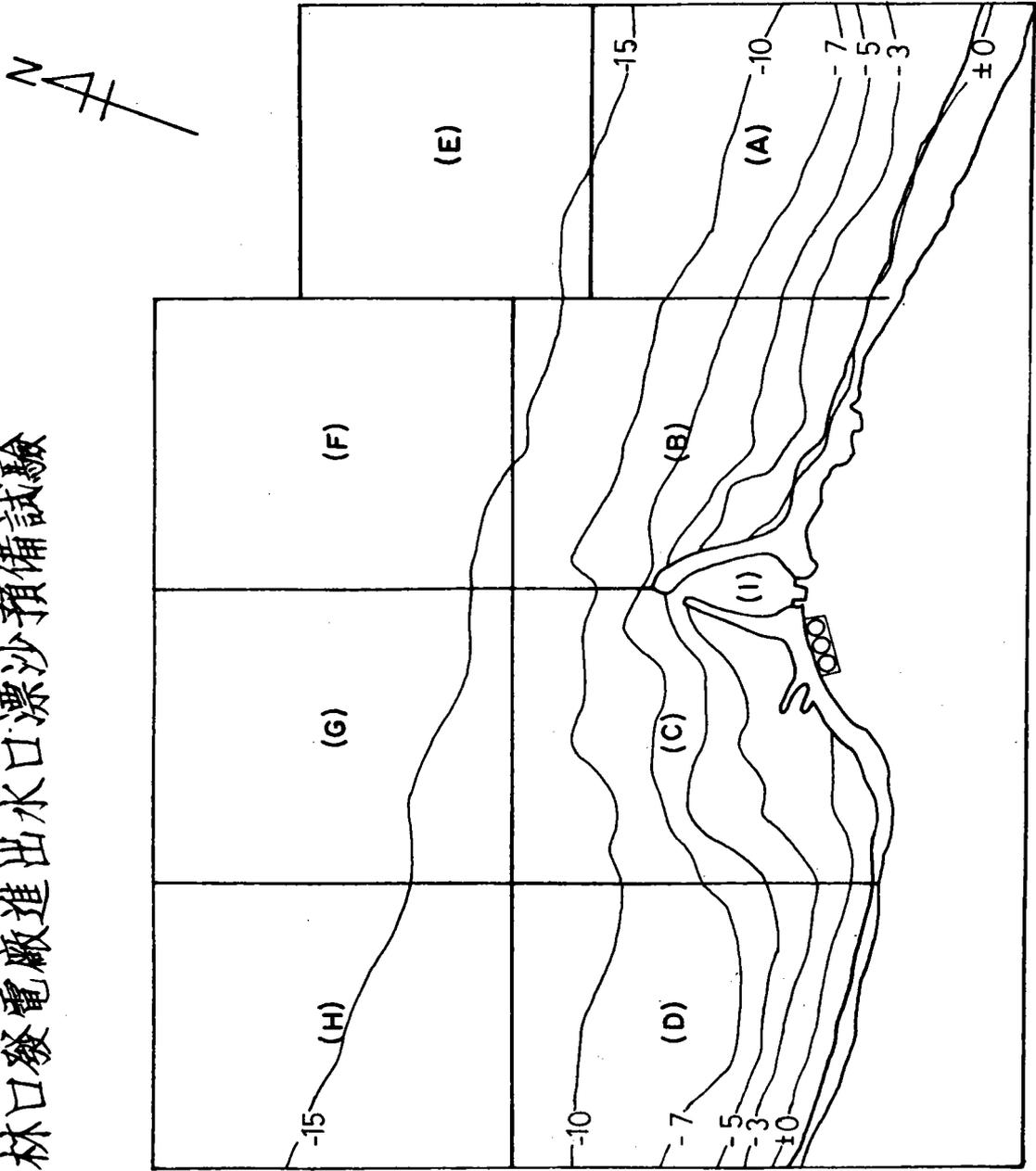


圖 60 預備試驗Ⅲ，波浪作用 1 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗Ⅲ
 造波時間：2 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週波期：12 sec.
 波向：NNE
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

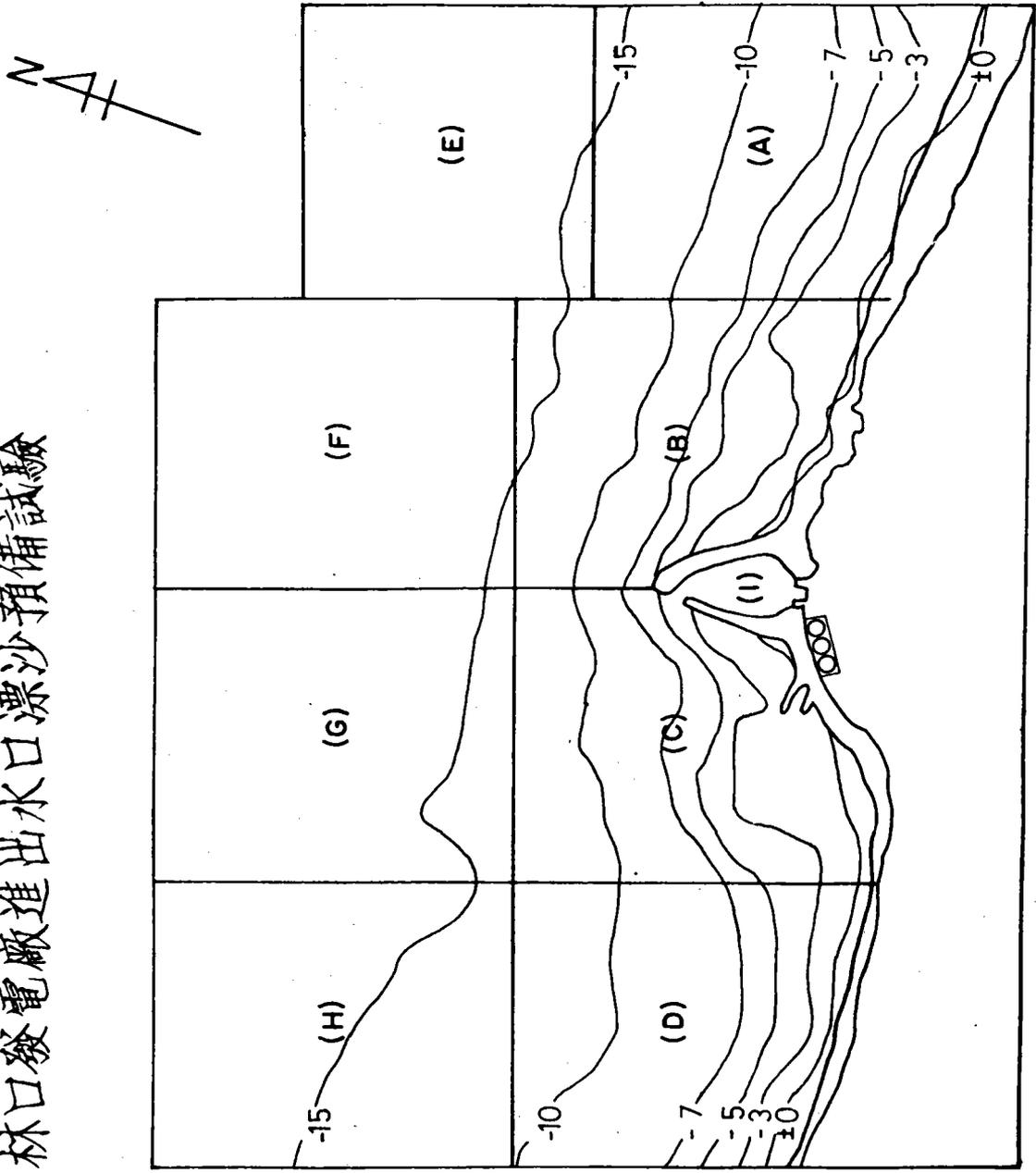


圖 61 預備試驗Ⅲ，波浪作用 2 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗 II
 造波時間：3 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

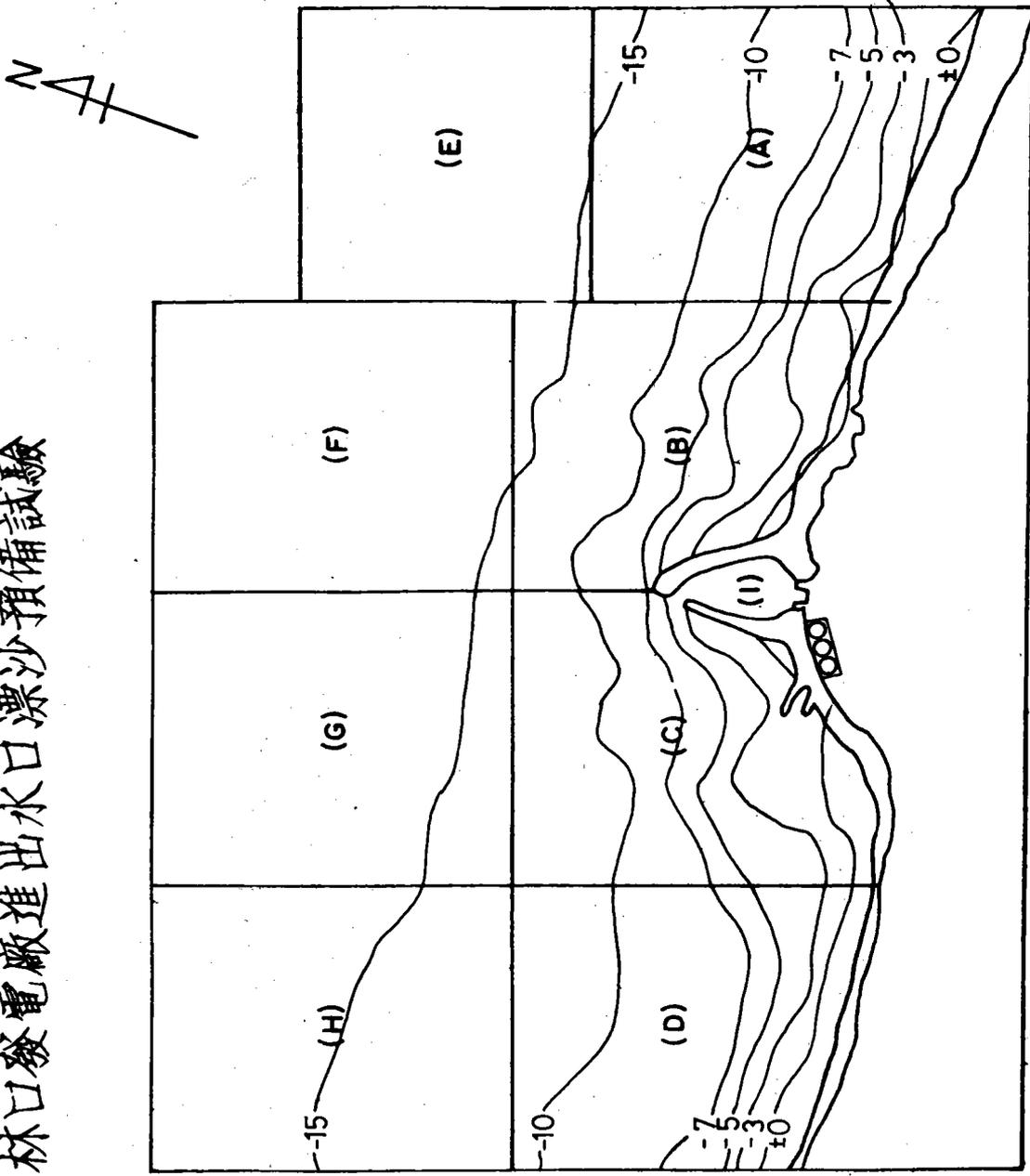


圖 62 預備試驗 III，波浪作用 3 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗Ⅱ
 造波時間：4 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

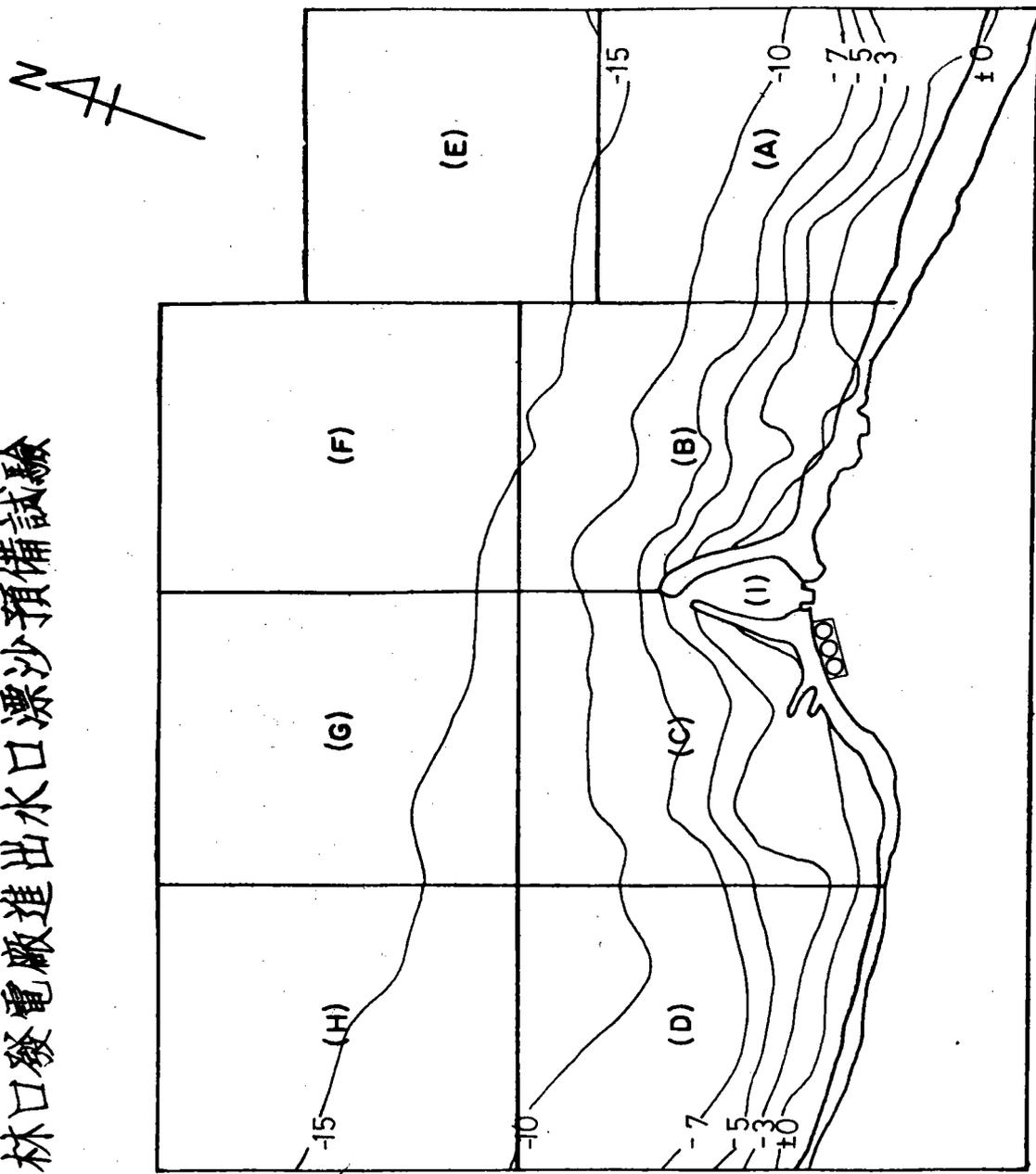


圖 63 預備試驗Ⅲ，波浪作用 4 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗Ⅲ
 造波時間：5 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

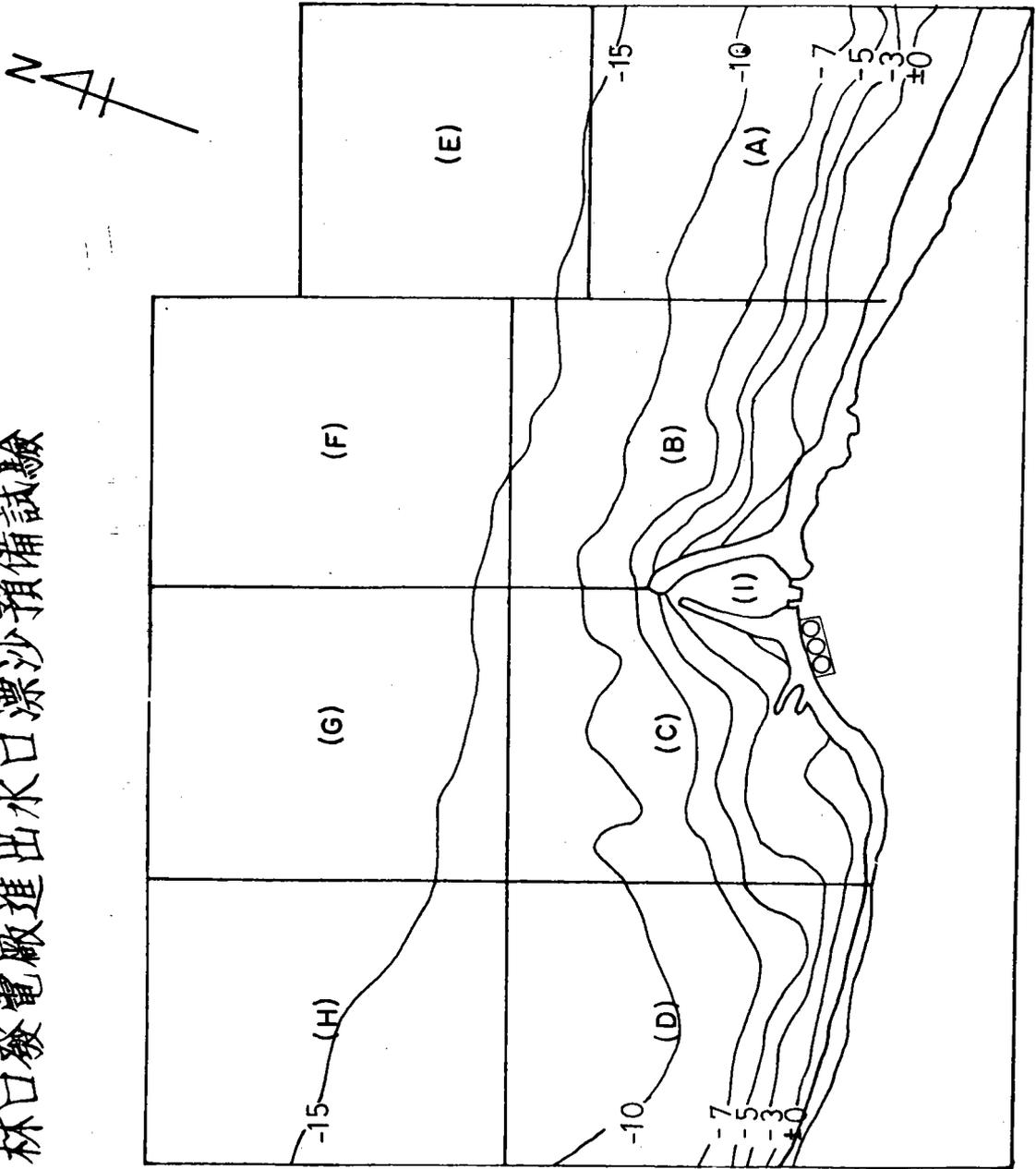


圖 64 預備試驗Ⅲ，波浪作用 5 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗Ⅲ
 造波時間：6 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 加潮位率：高低潮位變化
 測量基準：2 l/min.
 沙量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

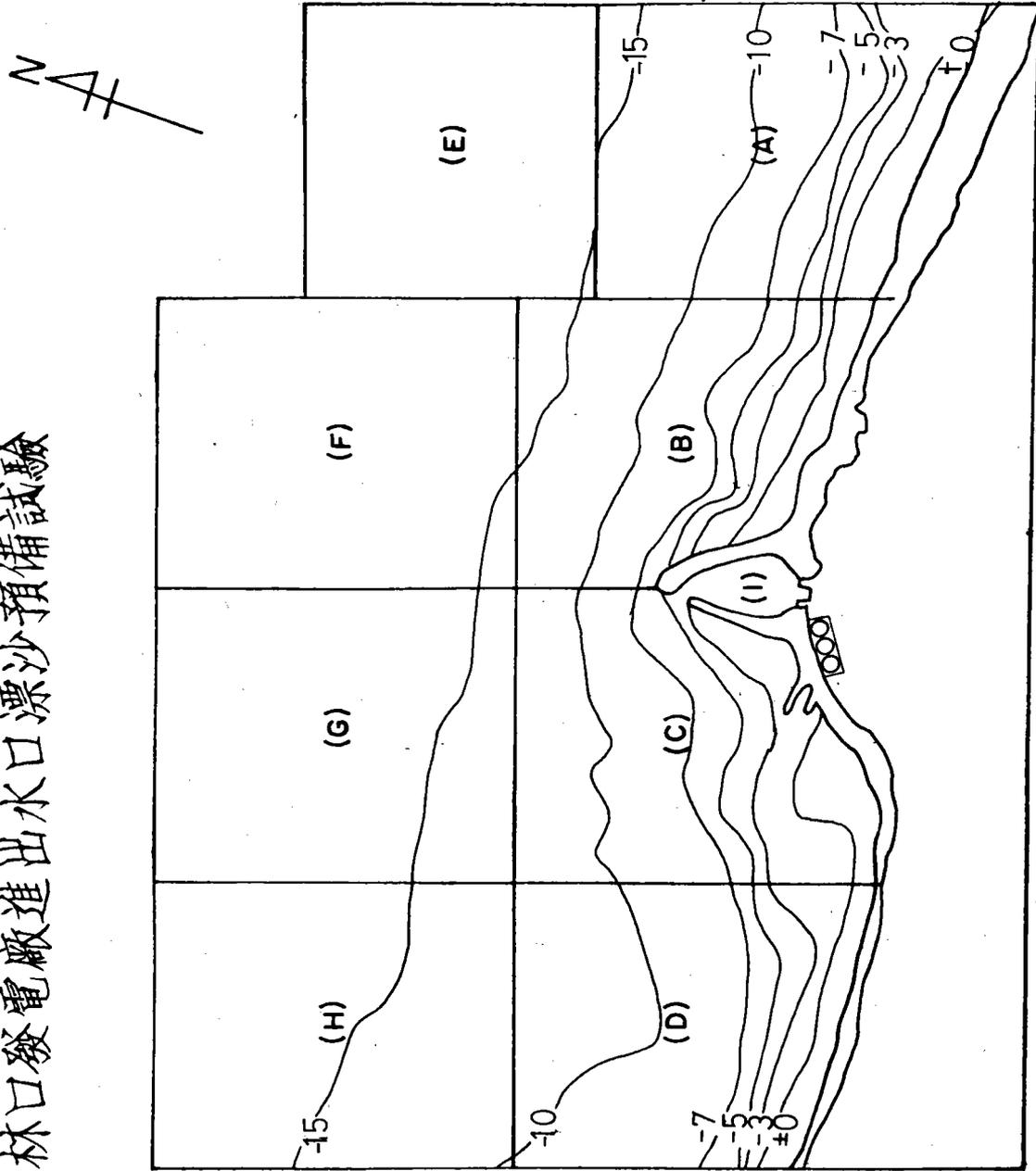


圖 65 預備試驗Ⅲ，波浪作用 6 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙預備試驗

編號：預備試驗Ⅲ
 造波時間：7 hr.
 初期地形：64.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

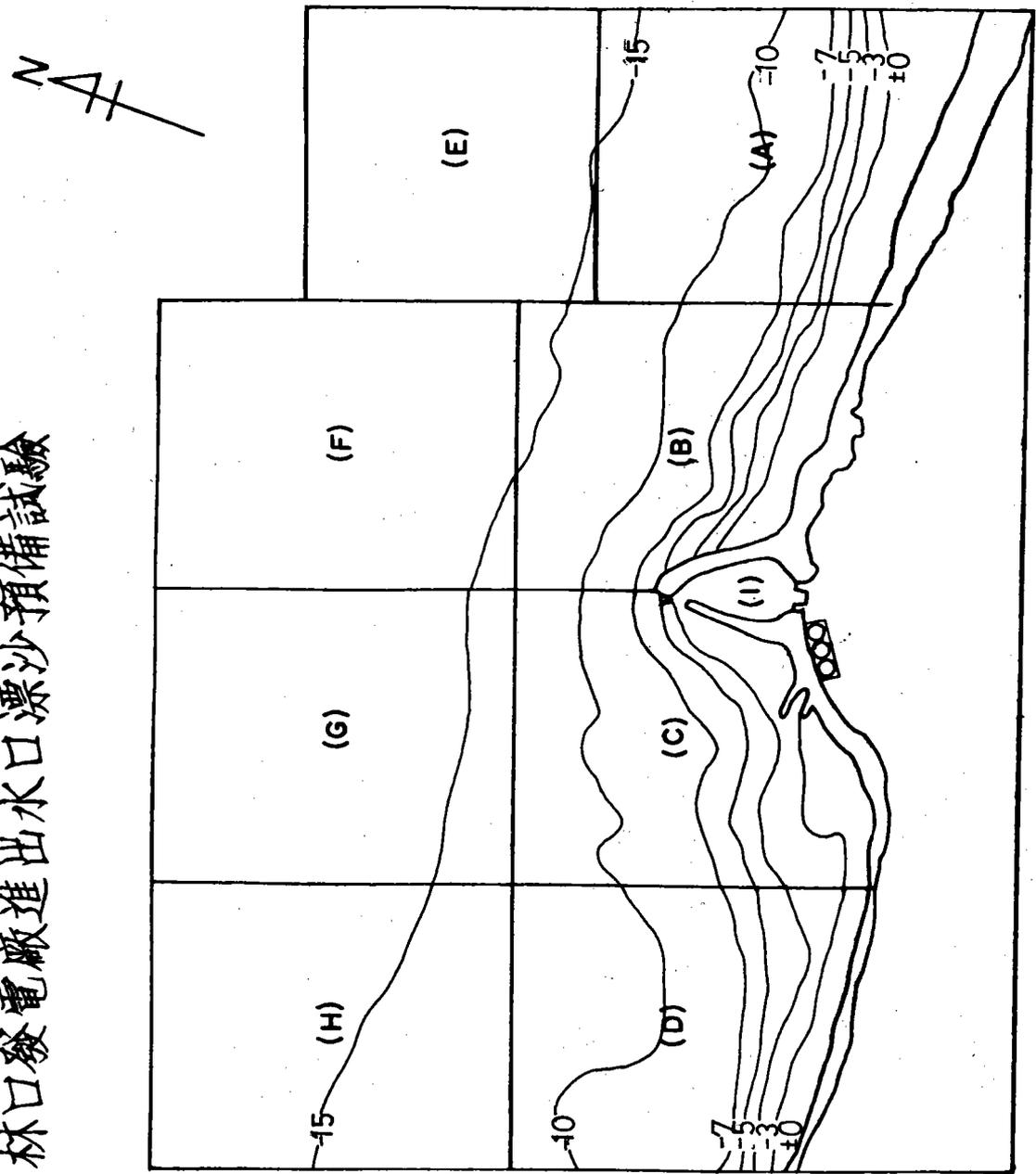


圖 66 預備試驗Ⅲ，波浪作用 7 小時後之地形

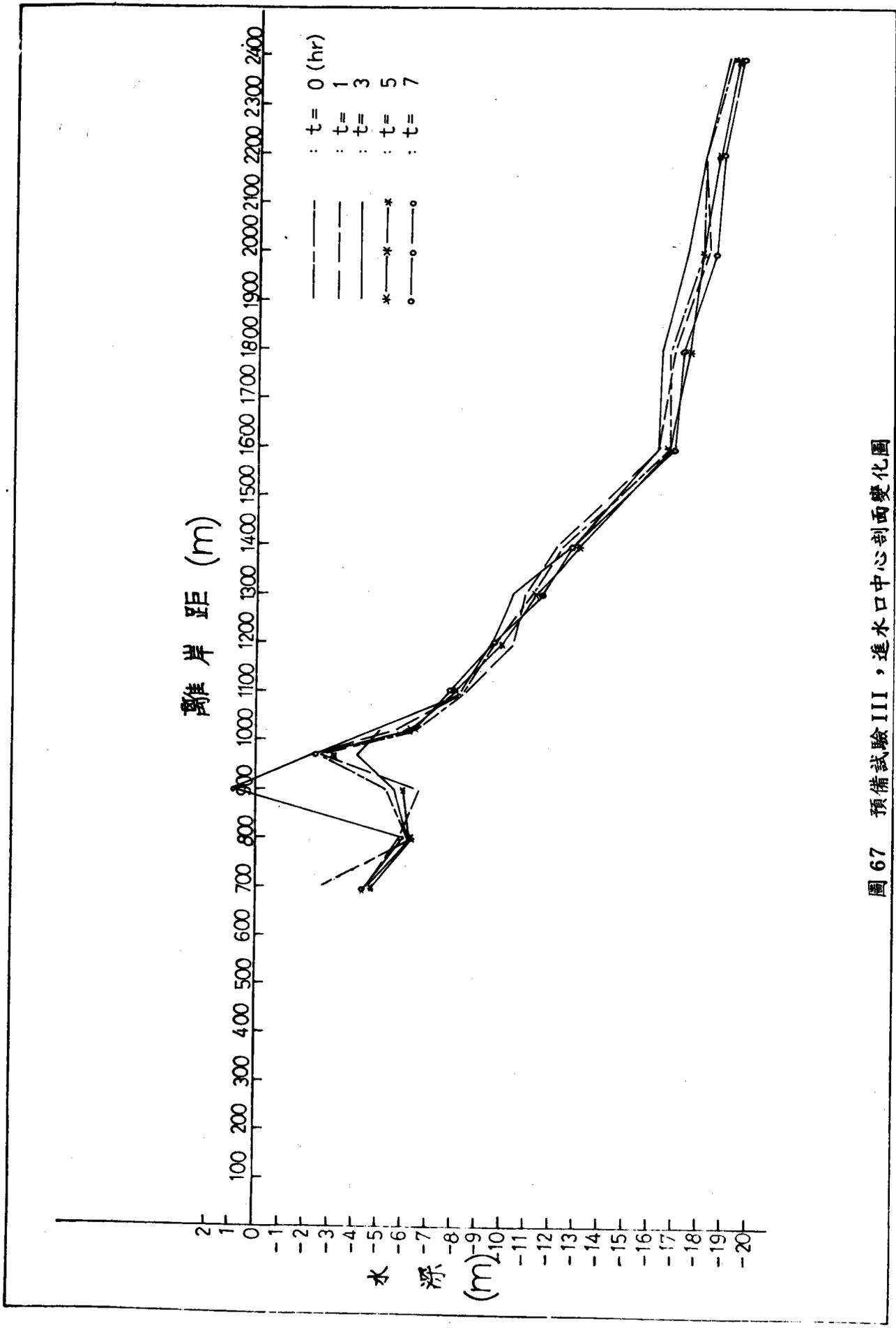


圖 67 預備試驗 III，進水口中心剖面變化圖

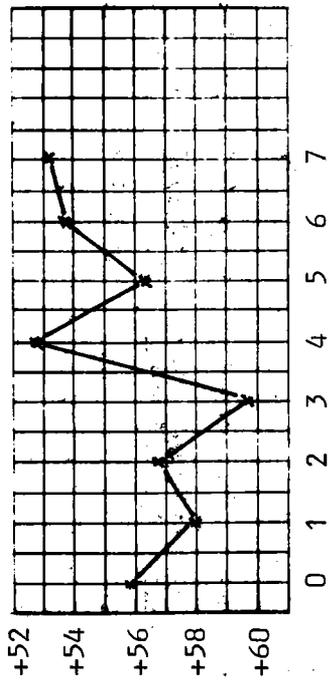


圖 68 預備試驗 III, A 區土方變化圖

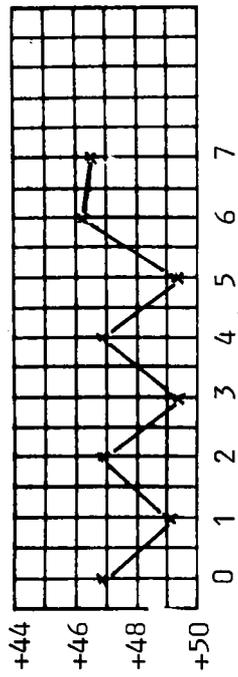


圖 69 預備試驗 III, B 區土方變化圖

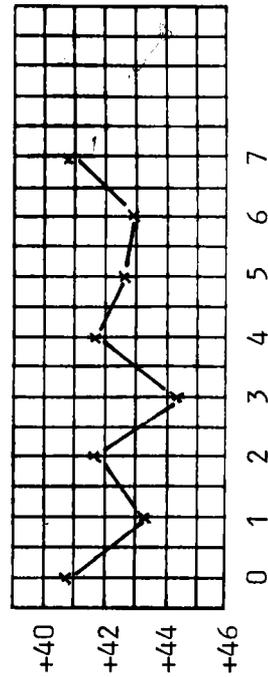


圖 70 預備試驗 III, C 區土方變化圖

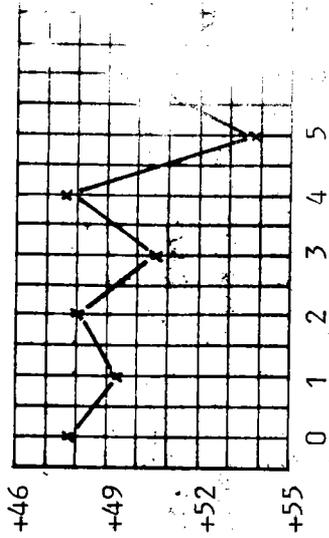


圖 71 預備試驗 III, D 區

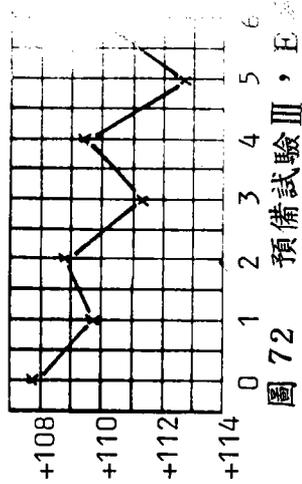
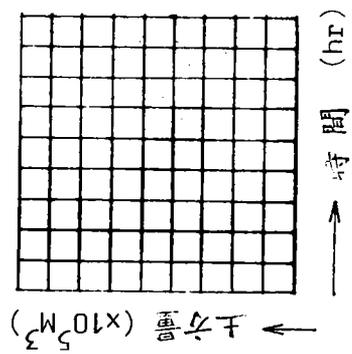


圖 72 預備試驗 III, E 區



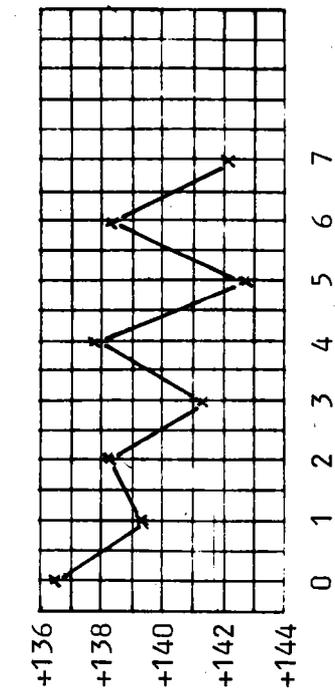


圖 73 預備試驗 III, F 區土方變化圖

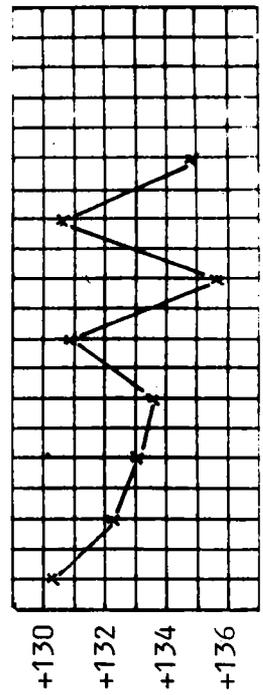


圖 74 預備試驗 III, G 區土方變化圖

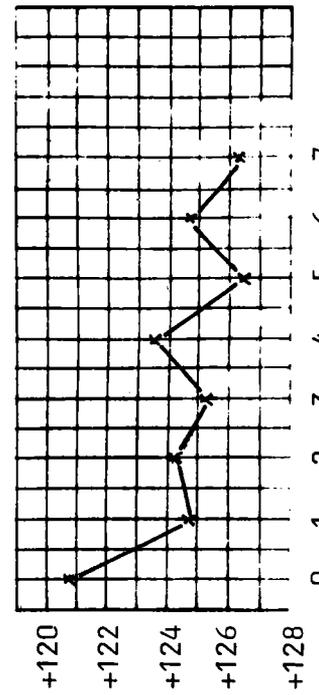


圖 75 預備試驗 III, H 區土方變化圖

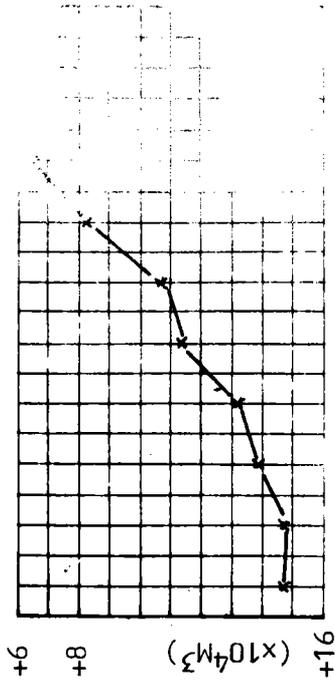


圖 76 預備試驗 III, I 區土

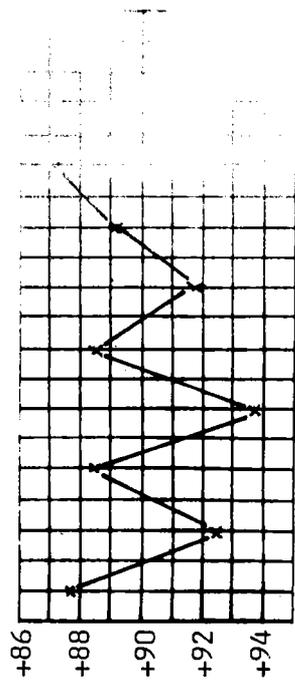
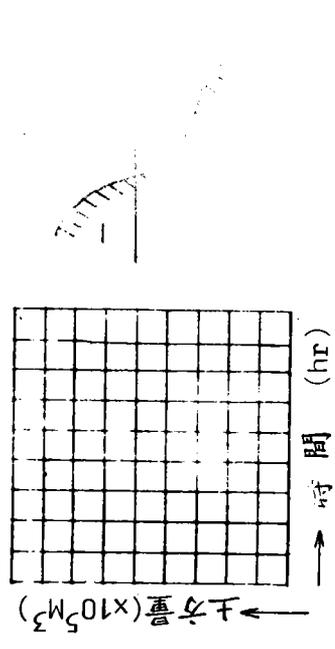


圖 76.1 預備試驗 III, B+C 區土方變化



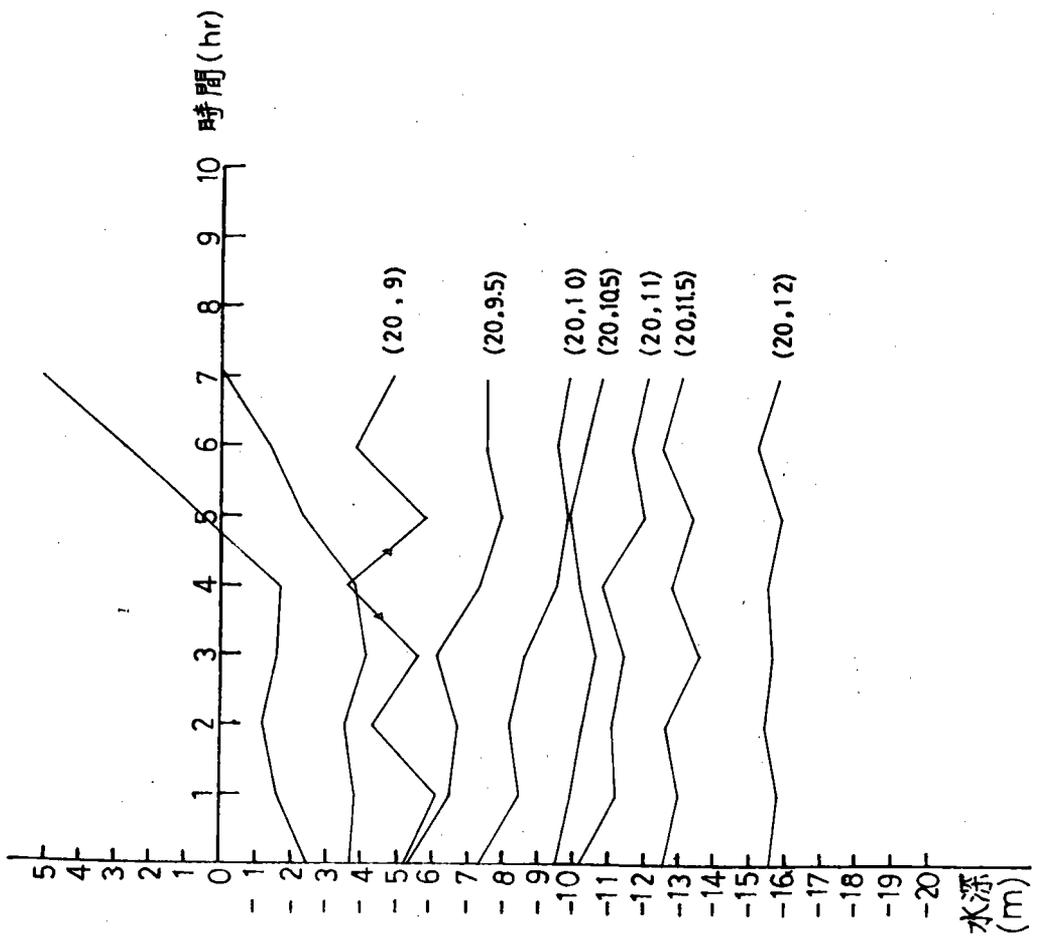


圖 78 預備試驗 III，B 區代表點
之水深—時間變化圖

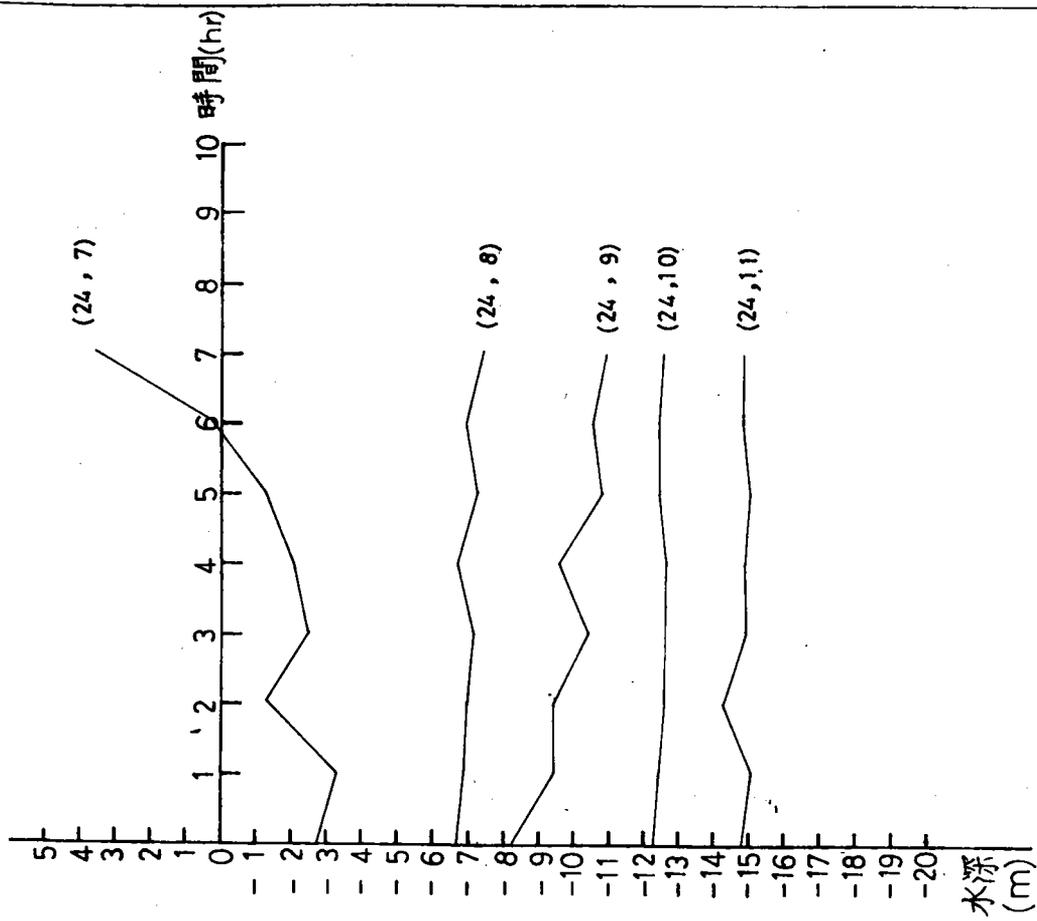


圖 77 預備試驗 III，A 區代表點
之水深—時間變化圖

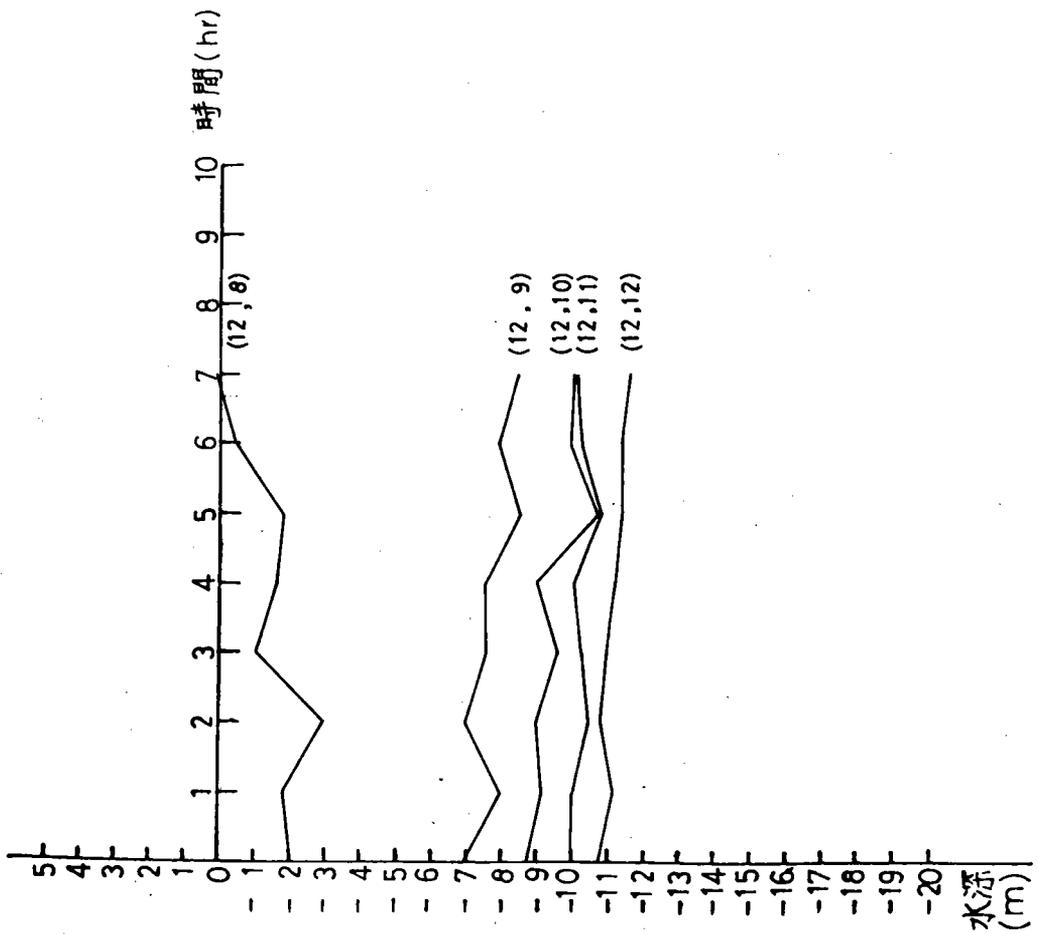


圖 80 預備試驗 III，D 區代表點
之水深—時間變化圖

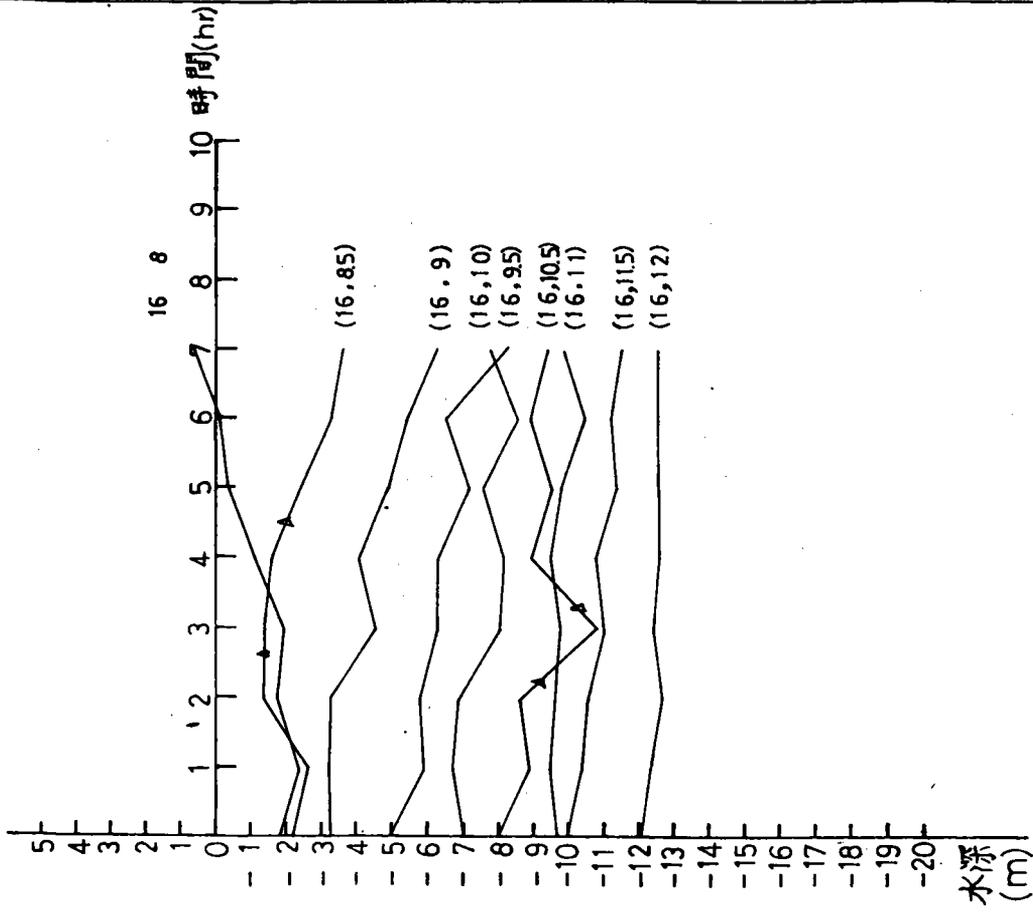


圖 79 預備試驗 III，C 區代表點
之水深—時間變化圖

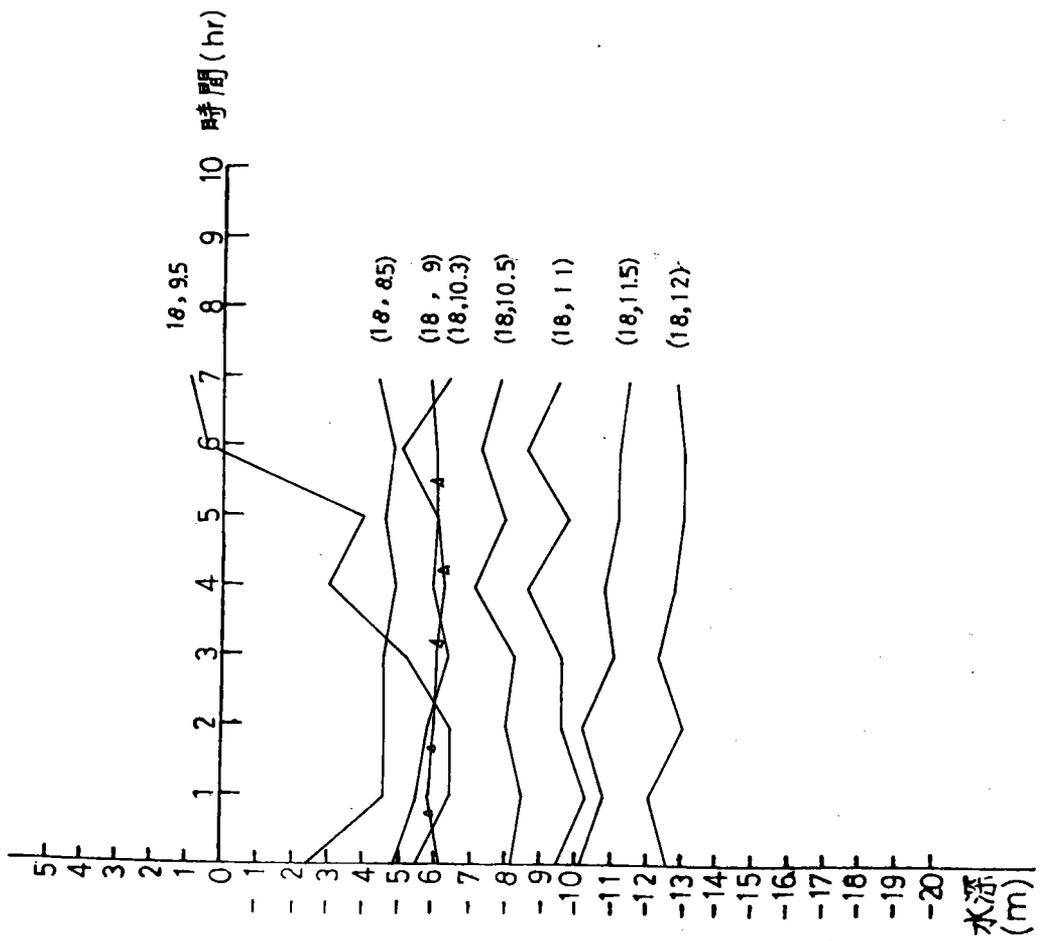


圖 82 預備試驗 III，I 區代表點
之水深—時間變化圖

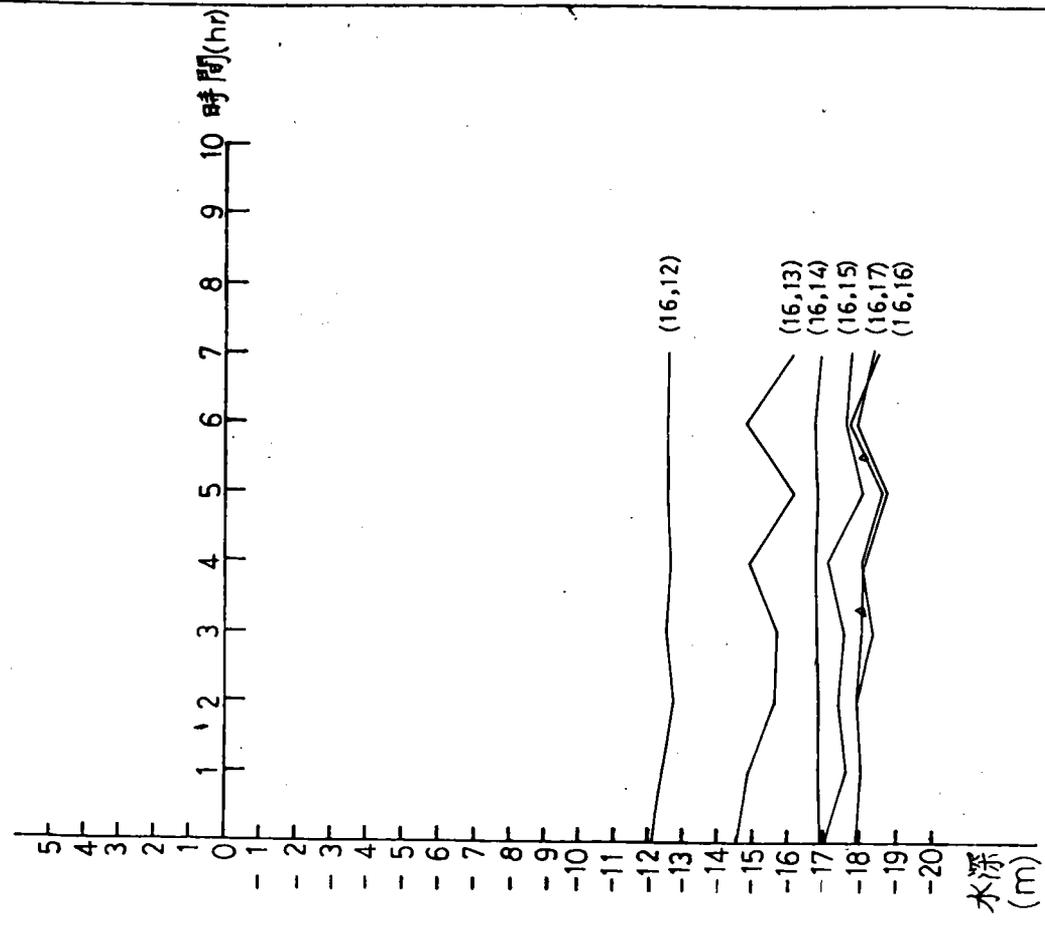


圖 81 預備試驗 III，G 區代表點
之水深—時間變化圖

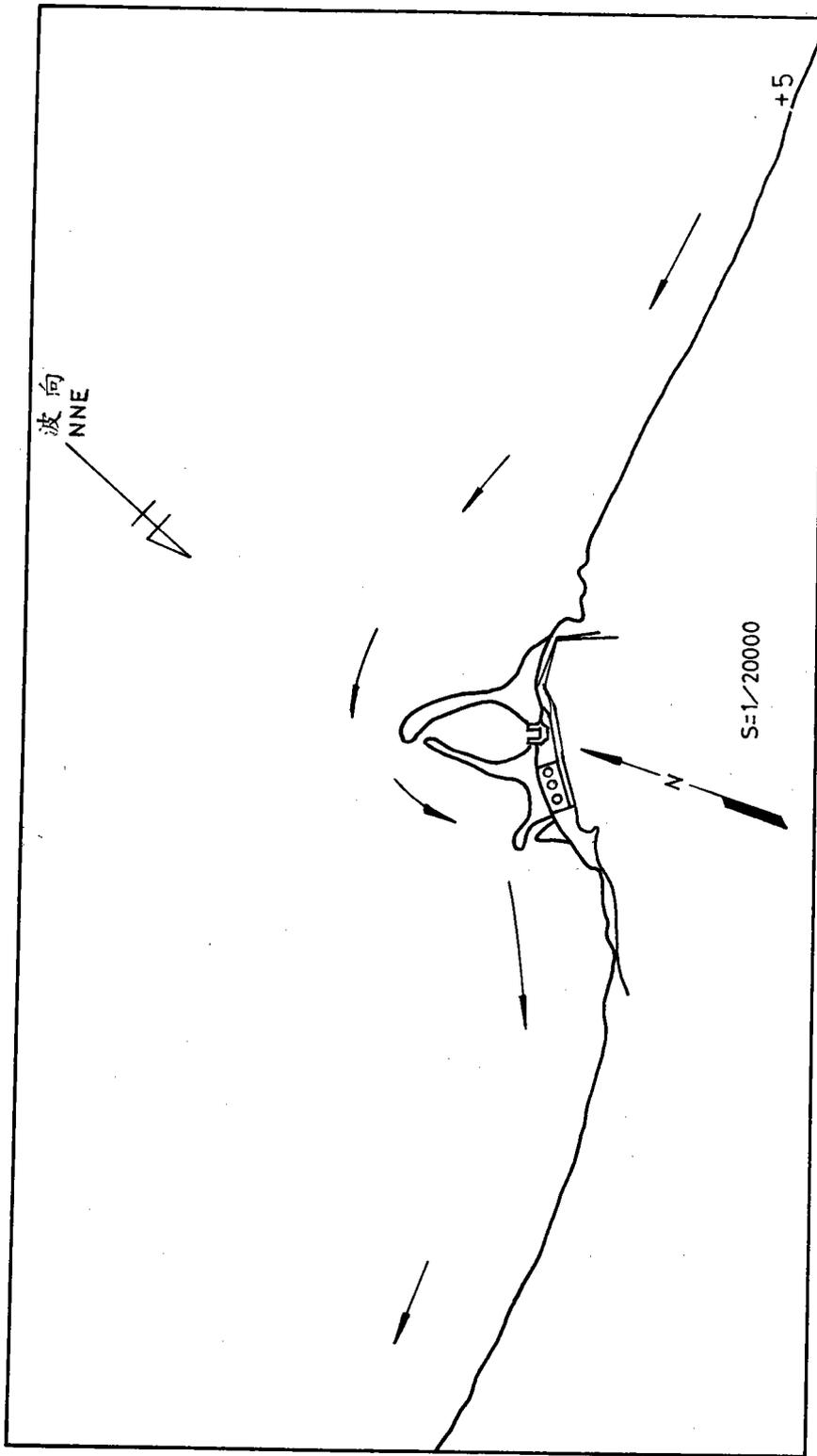
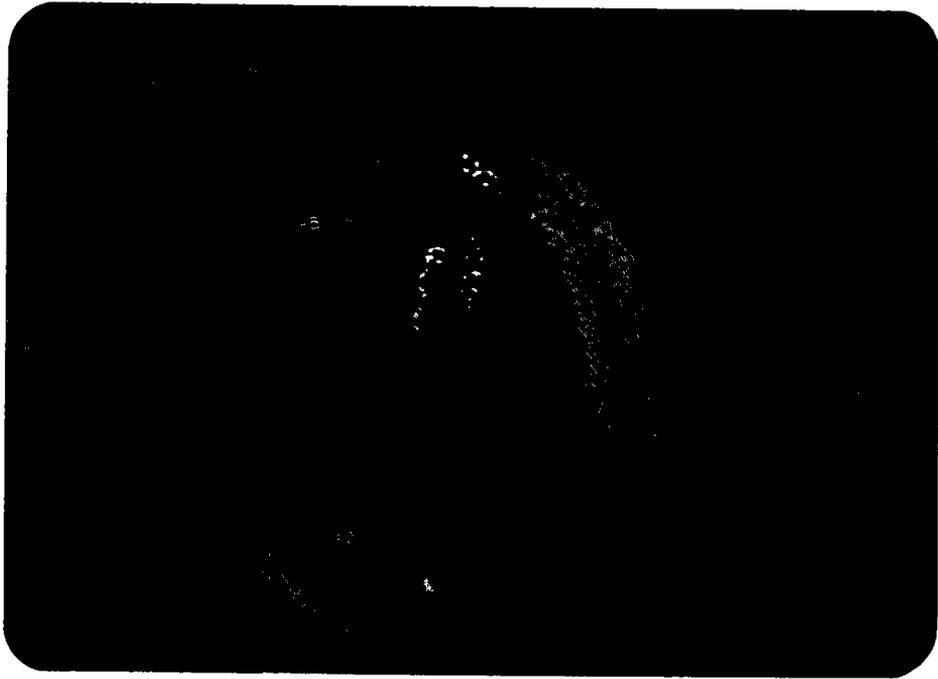
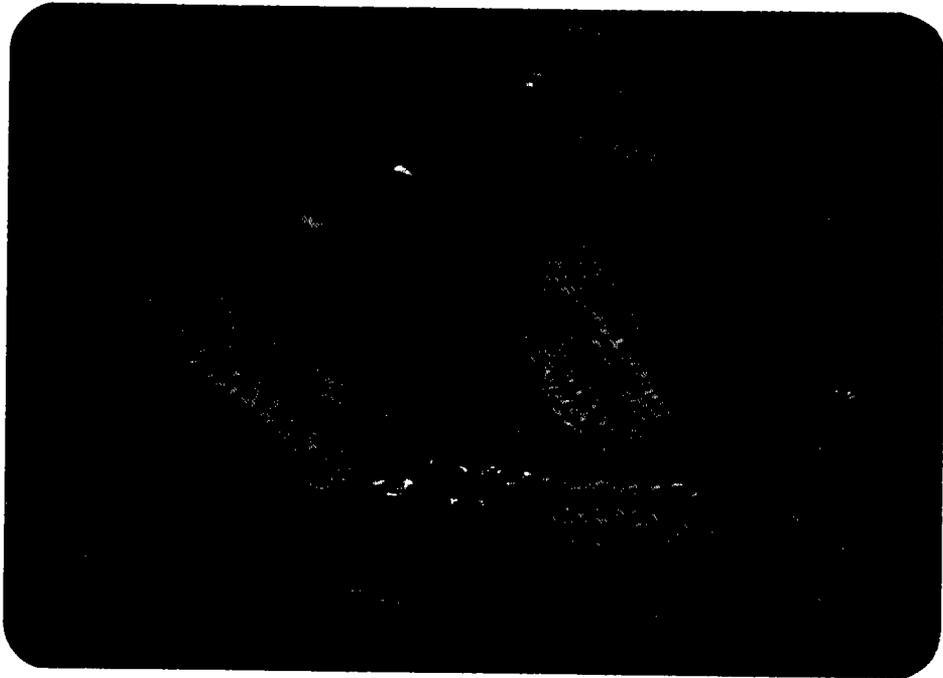


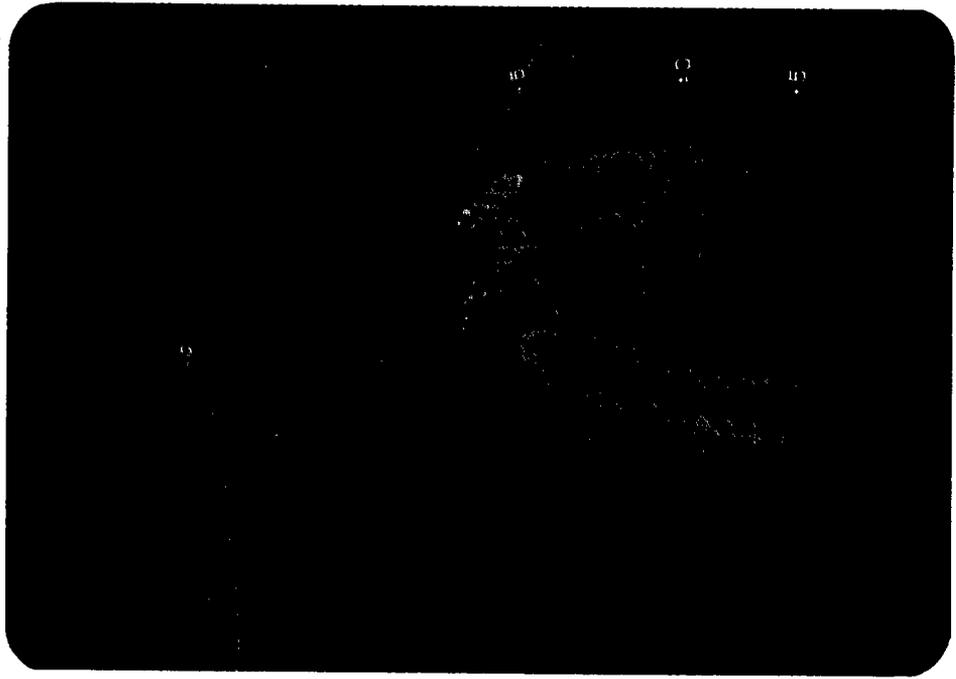
圖 83 預備試驗 III，流況分佈圖



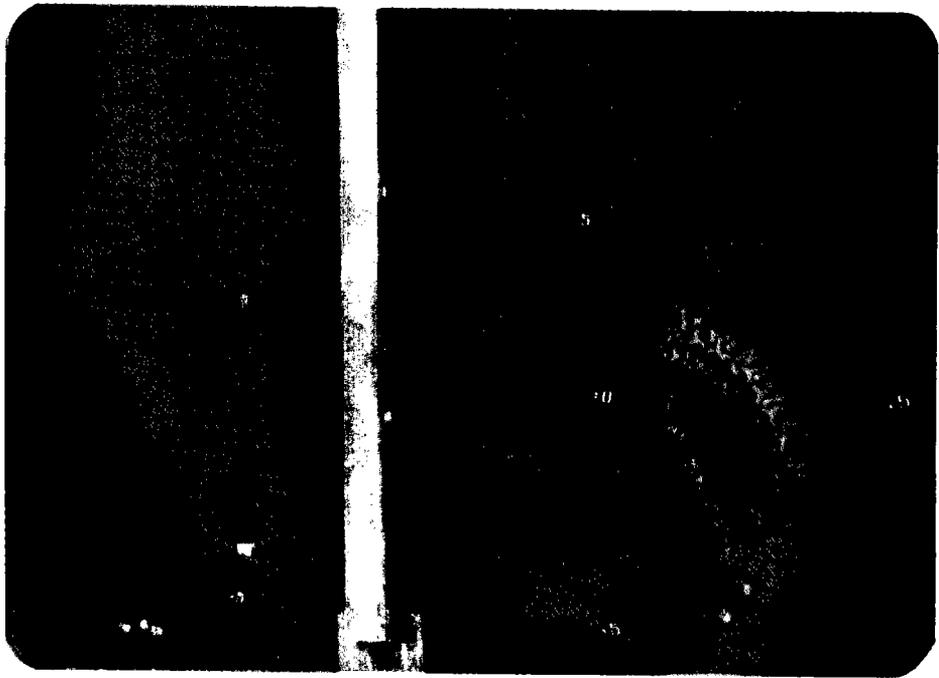
照片 11：預備試驗Ⅲ，林口電廠進出水口
波浪作用模型 10 分鐘後之地形



照片 12：預備試驗Ⅲ，林口電廠進出水口
波浪作用模型 10 分鐘後之地形



照片 13：預備試驗Ⅲ，波浪作用 7 小時後，
林口電廠海岸之地形變化。



照片 14：預備試驗Ⅲ，波浪作用 7 小時後，
林口電廠海岸之地形變化。

三、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漂沙來源，輸沙率等條件，針對擬定兩種對策佈置情況以進行漂沙主試驗，其試驗經過與結果，列述如下：

1. 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 $2\ell / \text{min}$ ，加砂地帶與預備試驗 III 同。

2. 試驗佈置：

- (1) 林口電廠進水口漂沙對策佈置 I：利用 72 年 6 月所測之水深地形圖。於林口溪西岸佈一長約 750 m 之防波堤水深至 - 6^m ，可兼具防浪、防沙之功能，如圖 84 所示。
- (2) 林口電廠進水口漂沙對策佈置 II：利用 72 年 6 月施測之水深地形圖，於其上佈置長短均為 400 公尺之突堤與離岸堤各一，亦兼具防波、防沙之功用，如圖 85 所示。

3. 試驗結果：

- (1) 林口電廠進水口漂沙對策佈置 I，在 NNE 向波浪作用下之試驗結果如下：

本試驗以林口海岸最新水深測量圖為初期地形，加上防沙堤之佈置，以測定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 2 小時後，原為攔阻上游漂沙之攔沙堤確能發揮功效，攔阻上游來沙，而攔沙堤與進水口右堤之間區域，亦有淤沙現象，進水口在波浪作用下，稍有積沙。由於攔沙堤之存在，進水口右側受其遮蔽，波浪侵襲略少，其由外入滲之沙亦減少。造波時間 4 小時後，上、下游之等深線幾已向海岸推移，而近攔沙堤旁則有堆積情況，攔沙堤與進水口間之地區，積沙正緩慢往岸前進，是一良好之儲沙區，當造波時間達 6 小時，入水口附近之 -7^m ， -5^m 等深線推向堤頭，使堤頭海底坡度變陡，因漂沙被阻斷無沙源補充本區，堤頭冲刷之沙則輸送至進出水口間之海岸，此可由 -3^m 等深線往外海推移現象查出。

當造波達 8 小時後，攔沙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 之攔沙堤佈置對沿岸之漂沙能夠達到阻斷底移質 (bed load) 之目的，但對於懸移質 (suspended load) 或淡水河洪水汎濫時，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 84，為沿岸走向。而上游沙源經由此沿岸能量被帶往下游，而積沙於攔沙堤與入水口附近海岸。

由圖 105 至圖 110 各區代表點之水深對應於時間之變化。由圖可知該點屬堆積或侵蝕，其分區及座標點標示法見圖 111，試驗中

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

試驗過程中，每小時地形如圖 86 至圖 94 所示。

試驗過程中，各區土方變化如圖 95 至圖 104.1 所示。

試驗過程中，各區代表點之水深對應於時間變化，則如圖 105 至圖 110 所示。

主試驗 I 之堤防佈置與分區座標如圖 111 所示。

主試驗 I 初期模型地形如照片 15，16 所示。

主試驗 I 波浪作用 8 小時後之地形，如照片 17、18 所示。

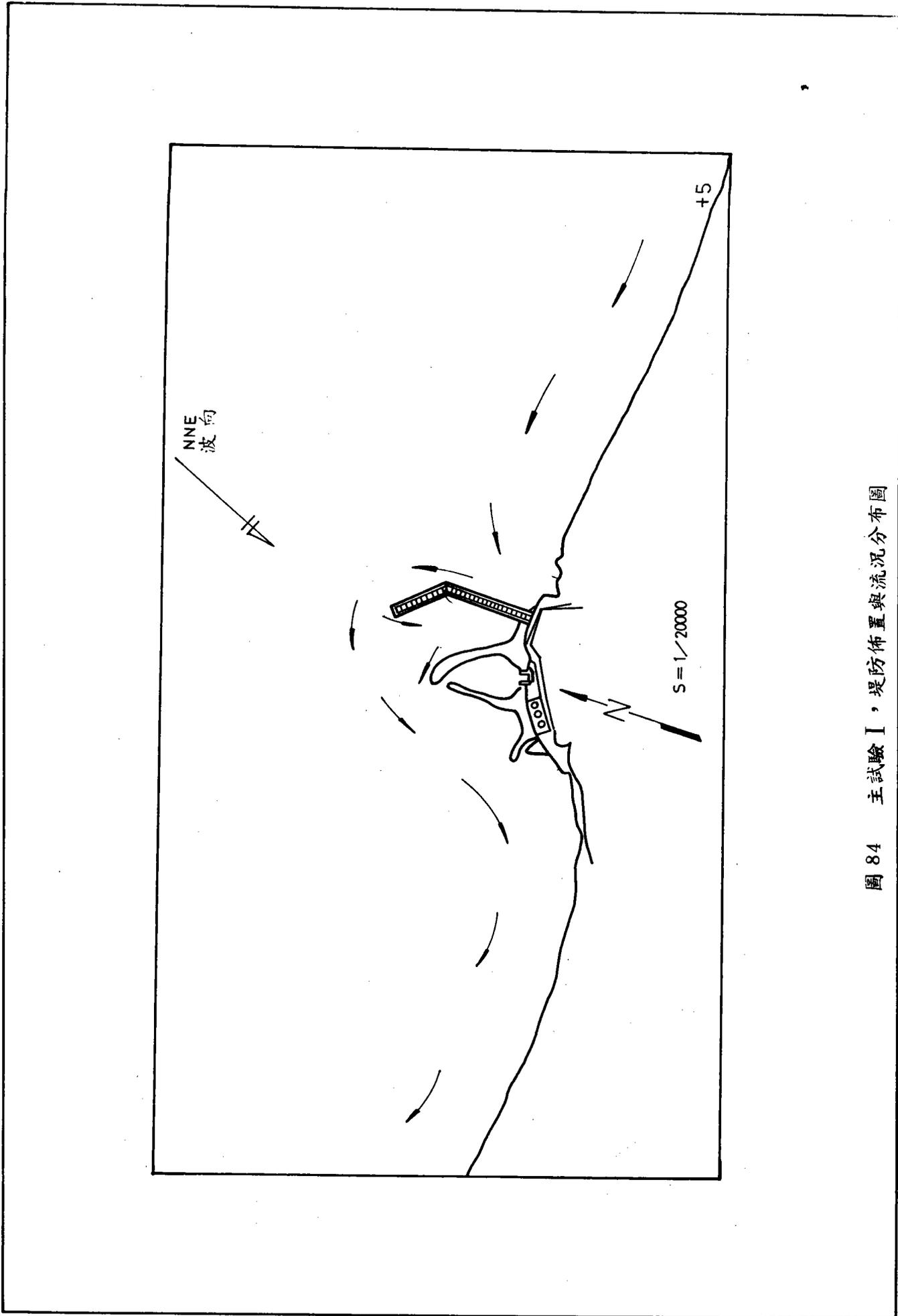


圖 84 主試驗 I，堤防佈置與流況分布圖

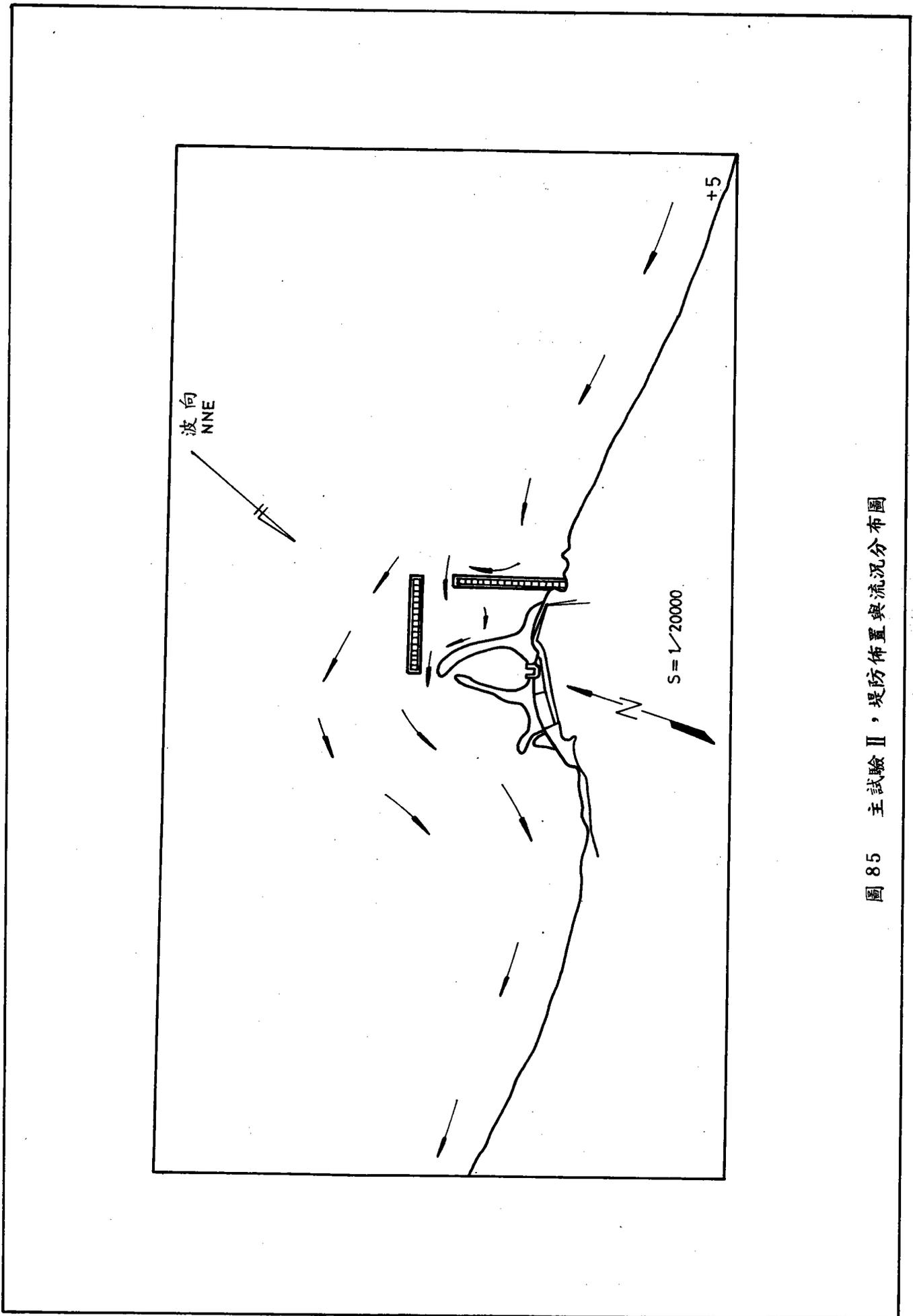


圖 85 主試驗 II，堤防佈置與流況分布圖

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 I
 造波時間 : 0 hr.
 初期地形 : 72.6.10
 波週期 : 4 m.
 波週高 : 1.2 sec.
 波潮向位 : NNE
 加沙率 : 高低潮位變化
 測量基準 : 2 l/min.
 測量基準 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

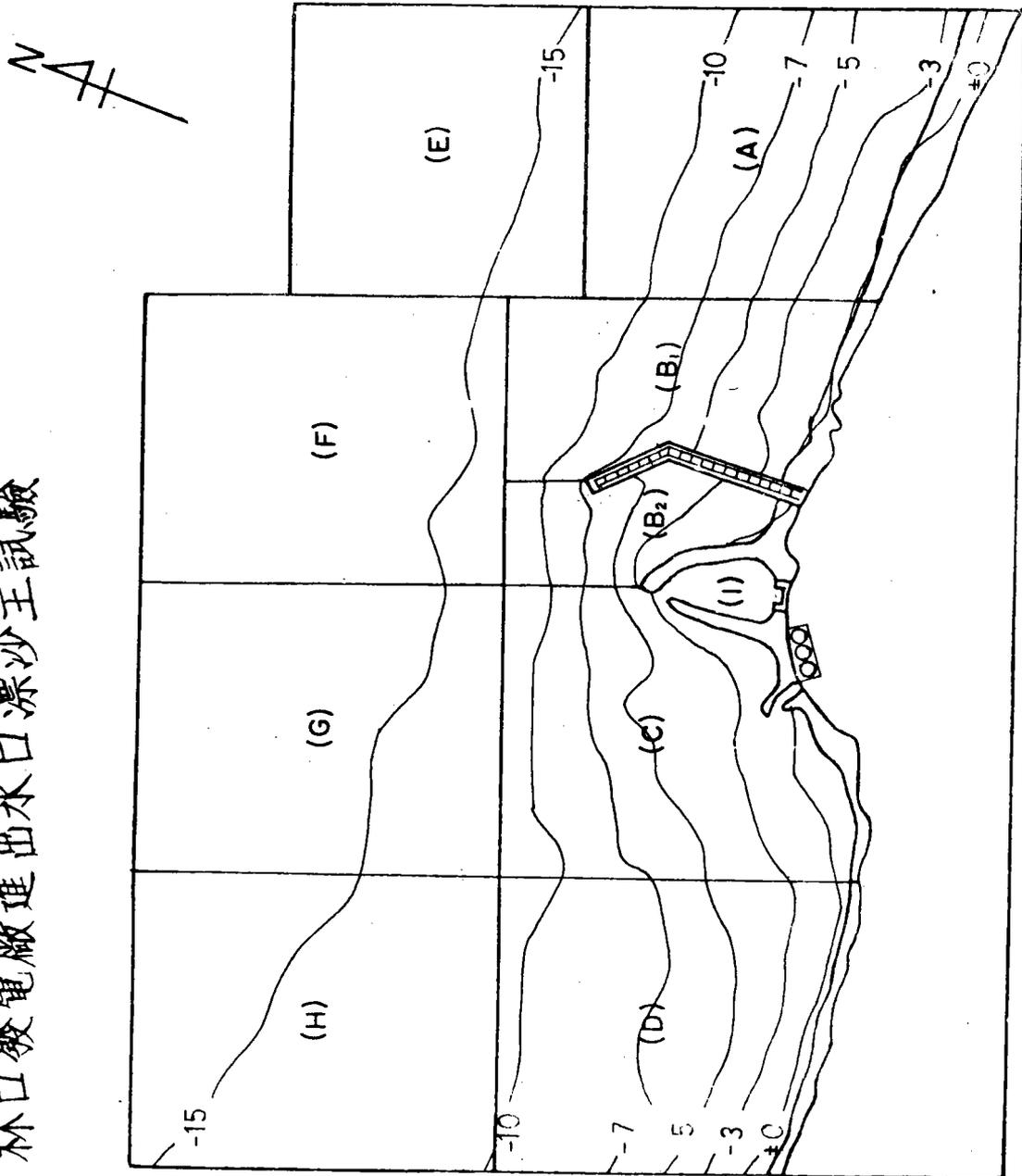


圖 86 主試驗 I，波浪作用前之初期地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

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

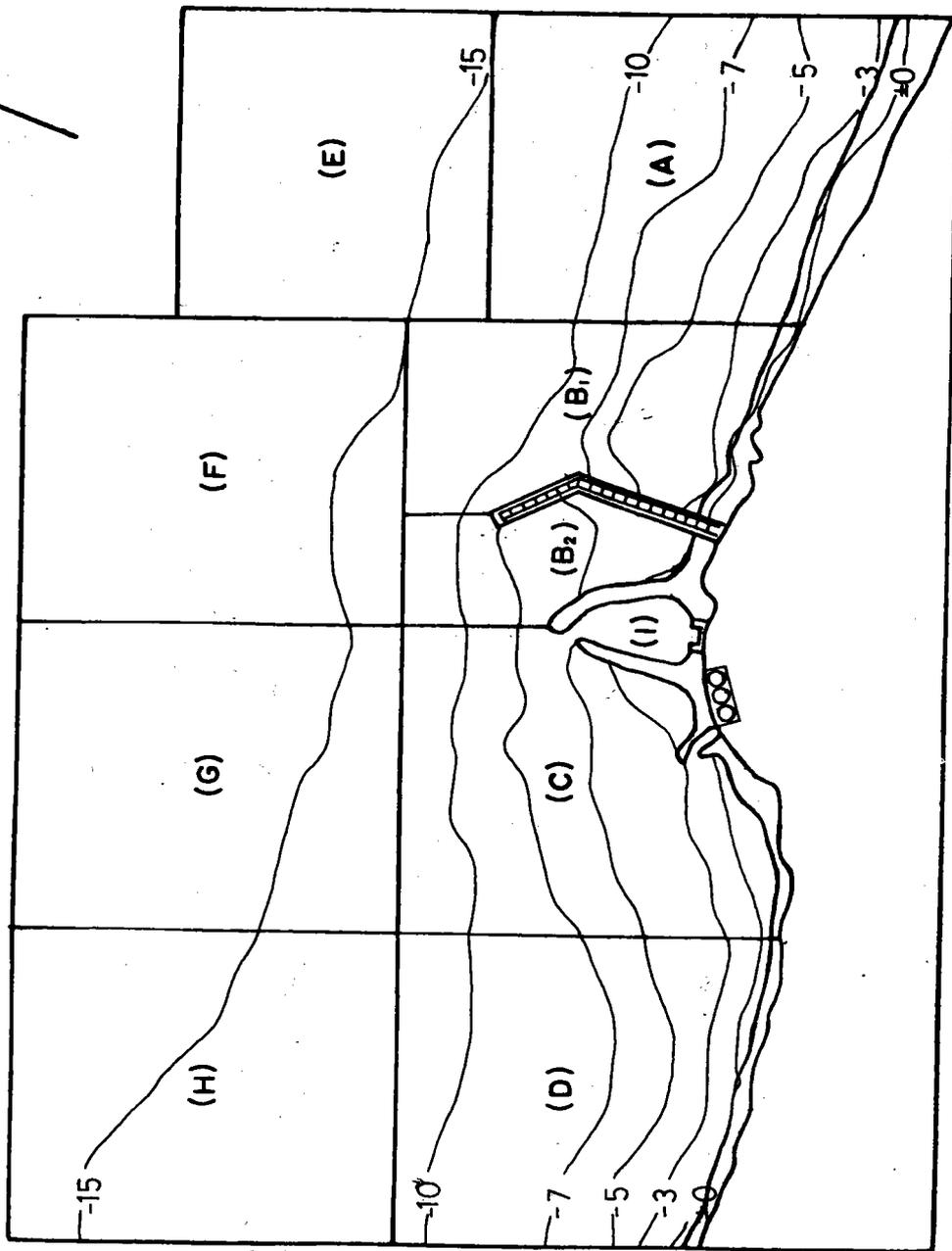
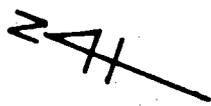


圖 87 主試驗 I，波浪作用 1 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

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

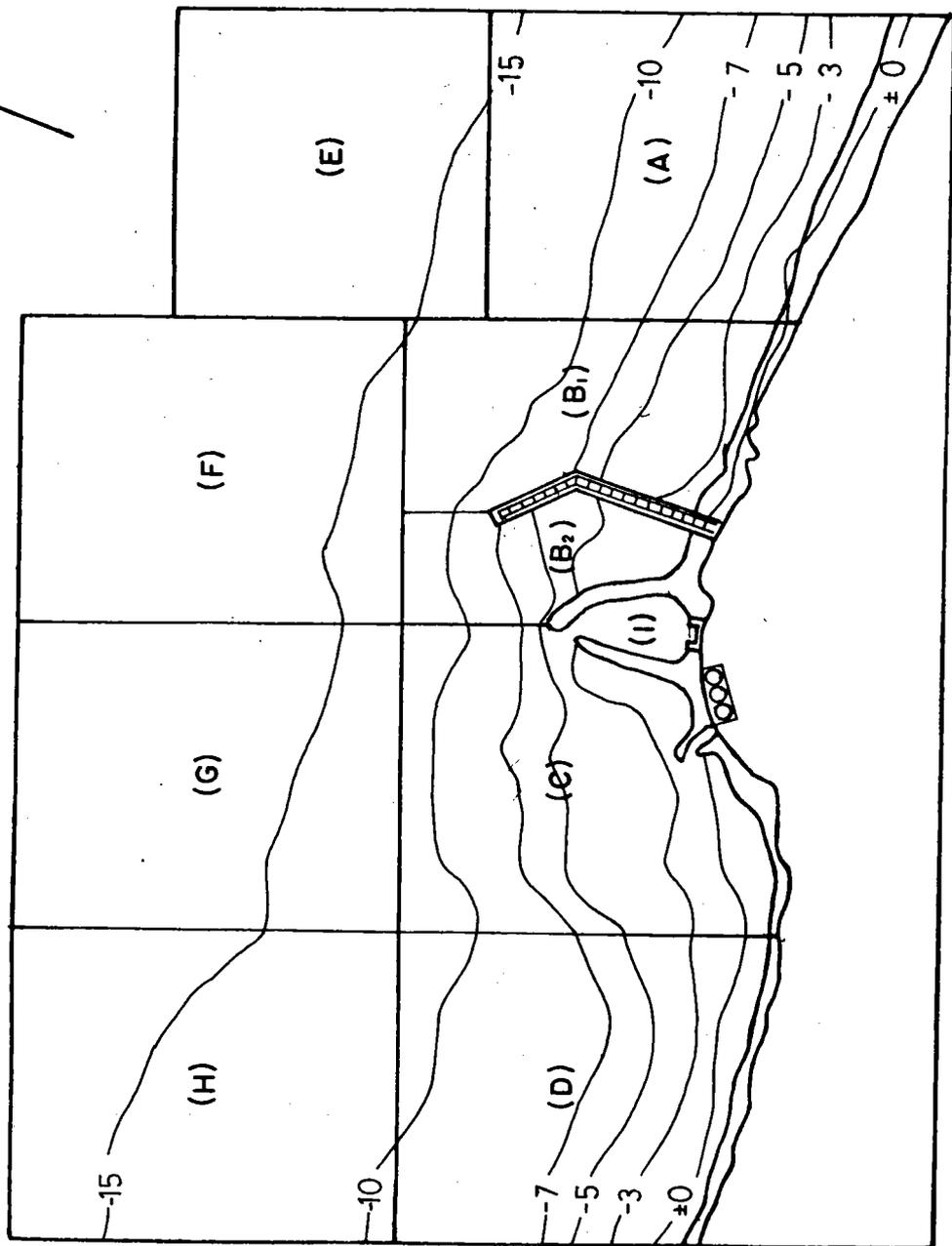


圖 88 主試驗 I，波浪作用 2 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號：主試驗 I
 造波時間：3 hr.
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 加沙率：高低潮位變化
 測量基準：2 l/min.
 比例尺：1/20,000

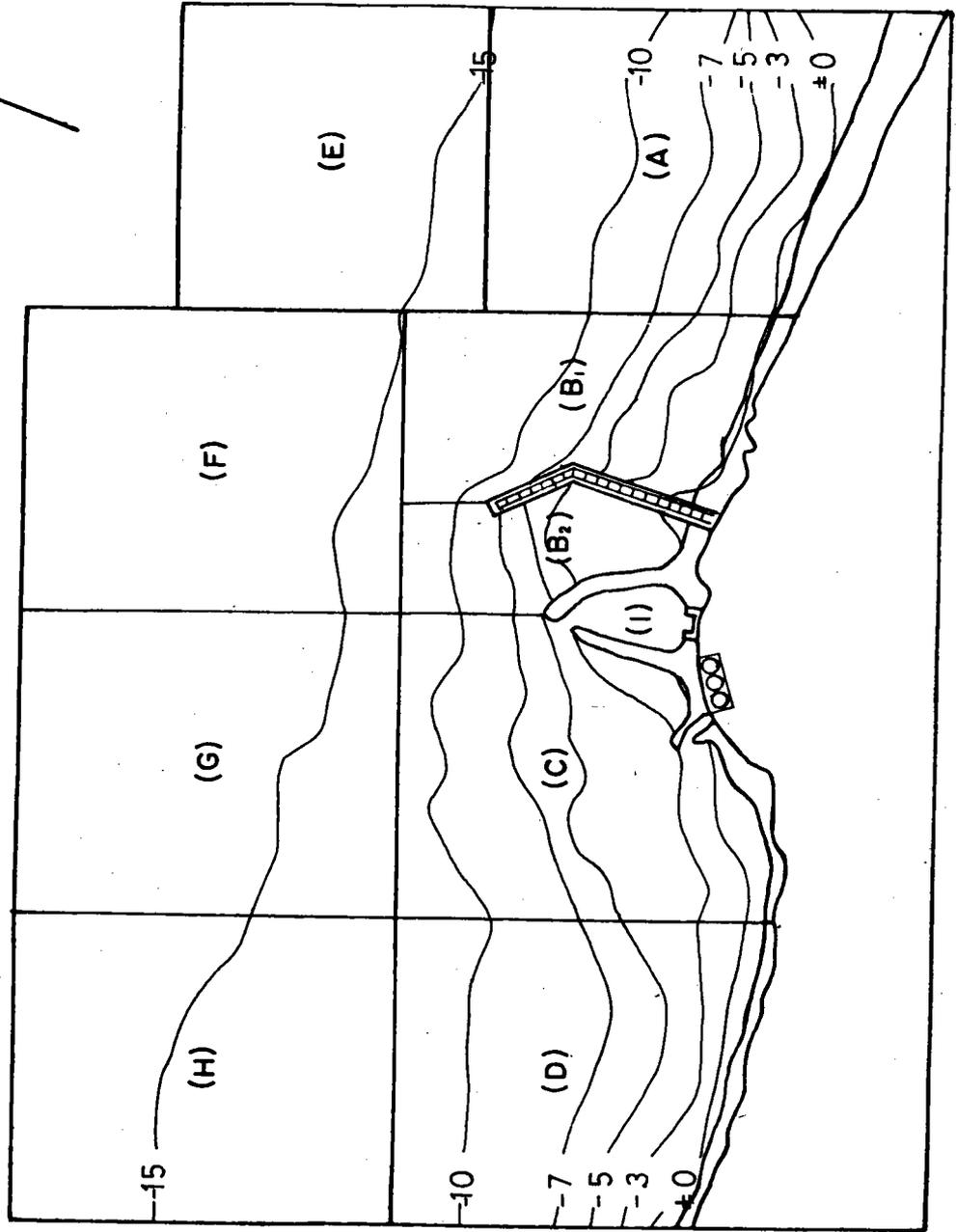


圖 89 主試驗 I，波浪作用 3 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

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

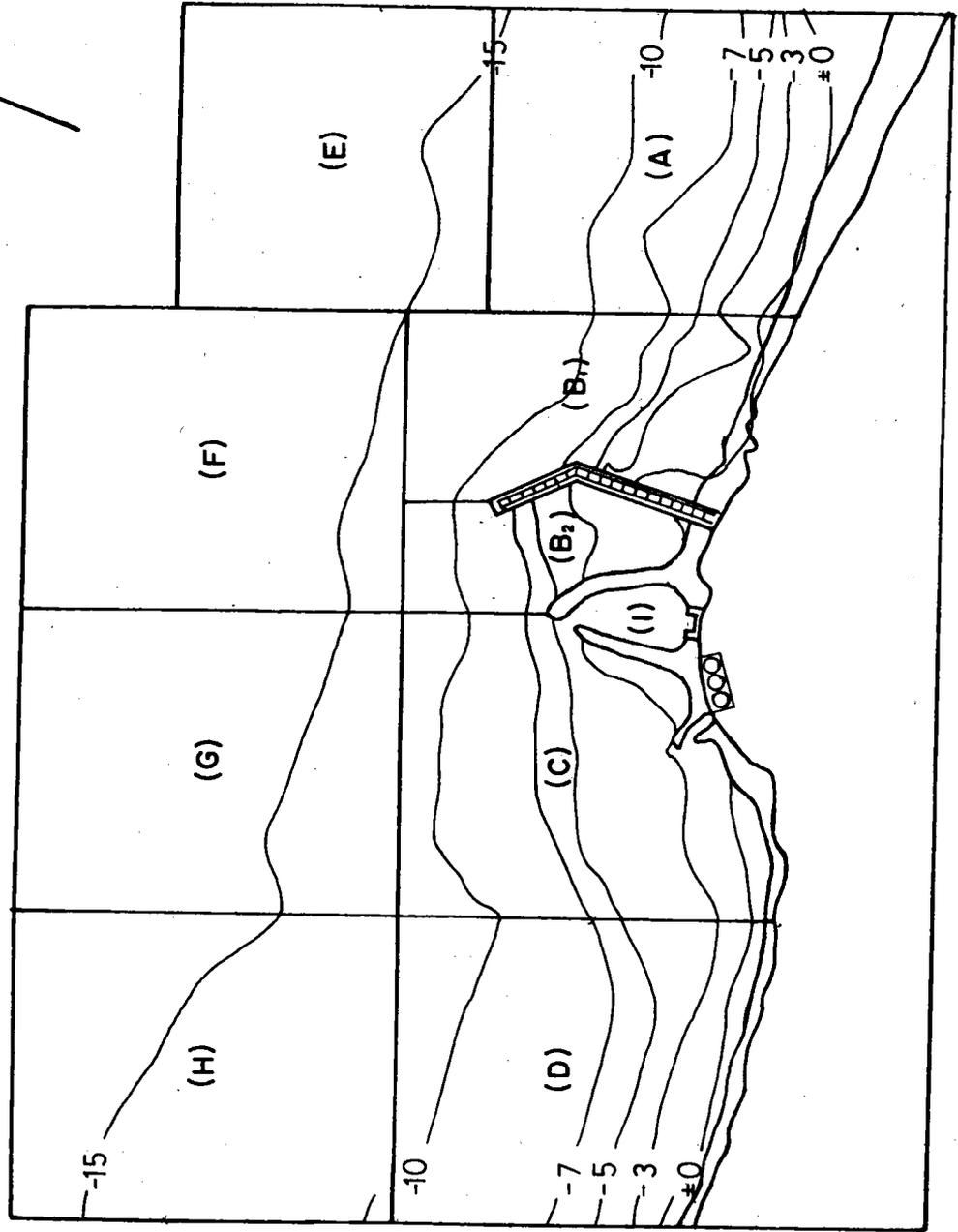


圖 90 主試驗 I，波浪作用 4 小時後之地形

林口發電廠進出口漂沙主試驗

編號：主試驗 I
 造波時間：5 hr.
 初期地形高：72.6.10
 波週期：4 m.
 波向：12 sec.
 潮位：NNE
 加沙率：高低潮位變化
 測量基準：2 l/min.
 基準點
 比例尺：1/20,000

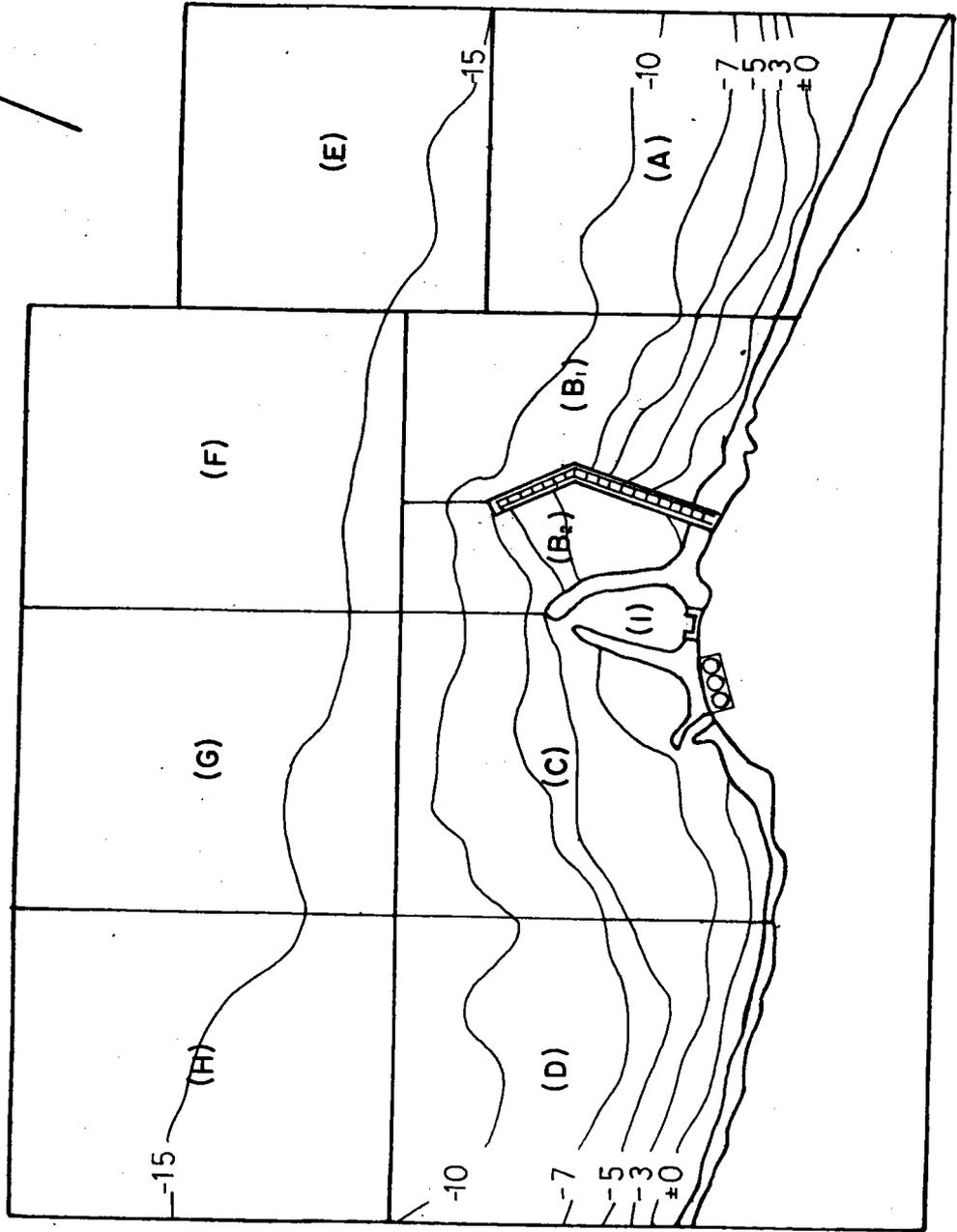


圖 91 主試驗 I，波浪作用 5 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

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

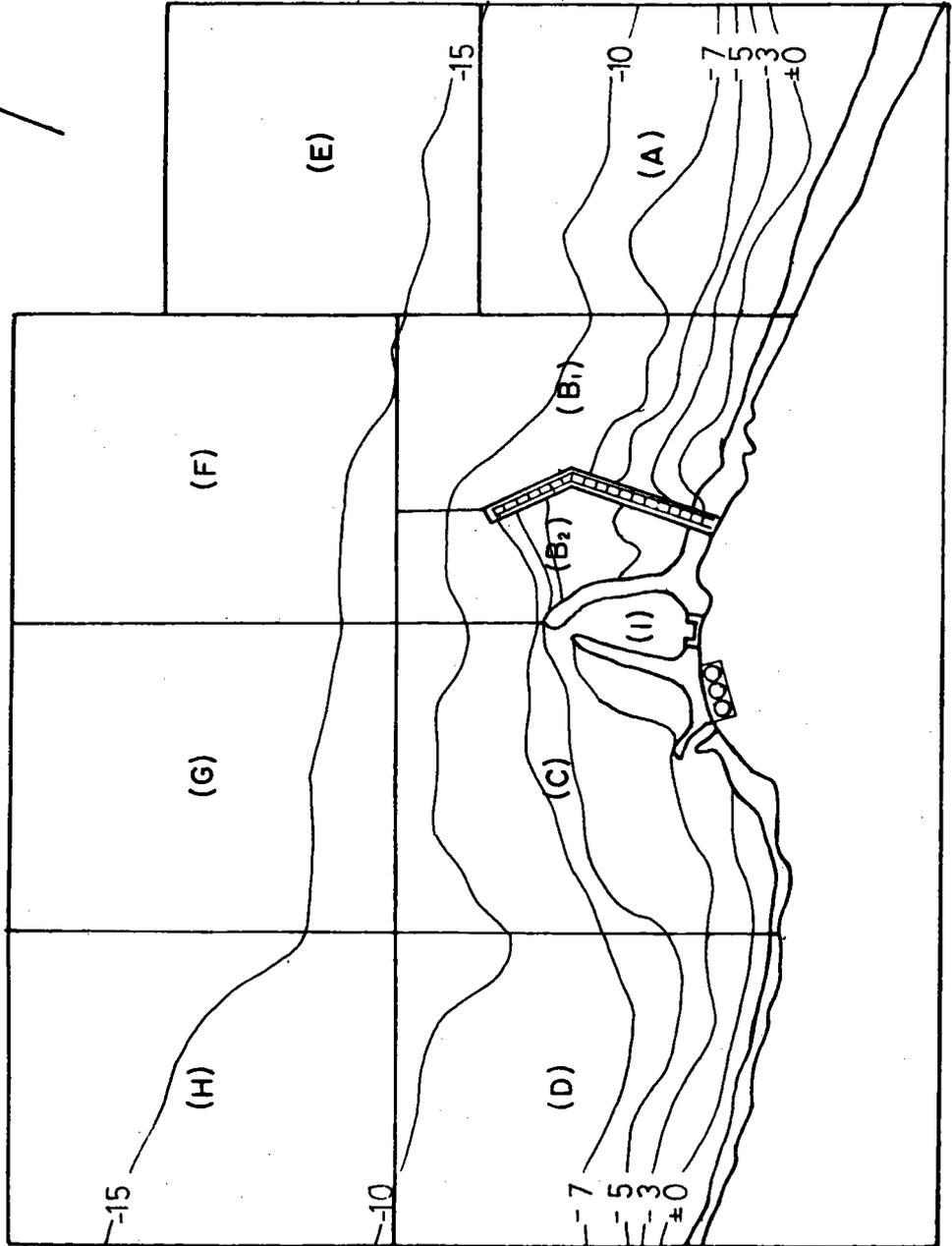


圖 92 主試驗 I，波浪作用 6 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號：主試驗 I
 造波時間：7 hr.
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 潮位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

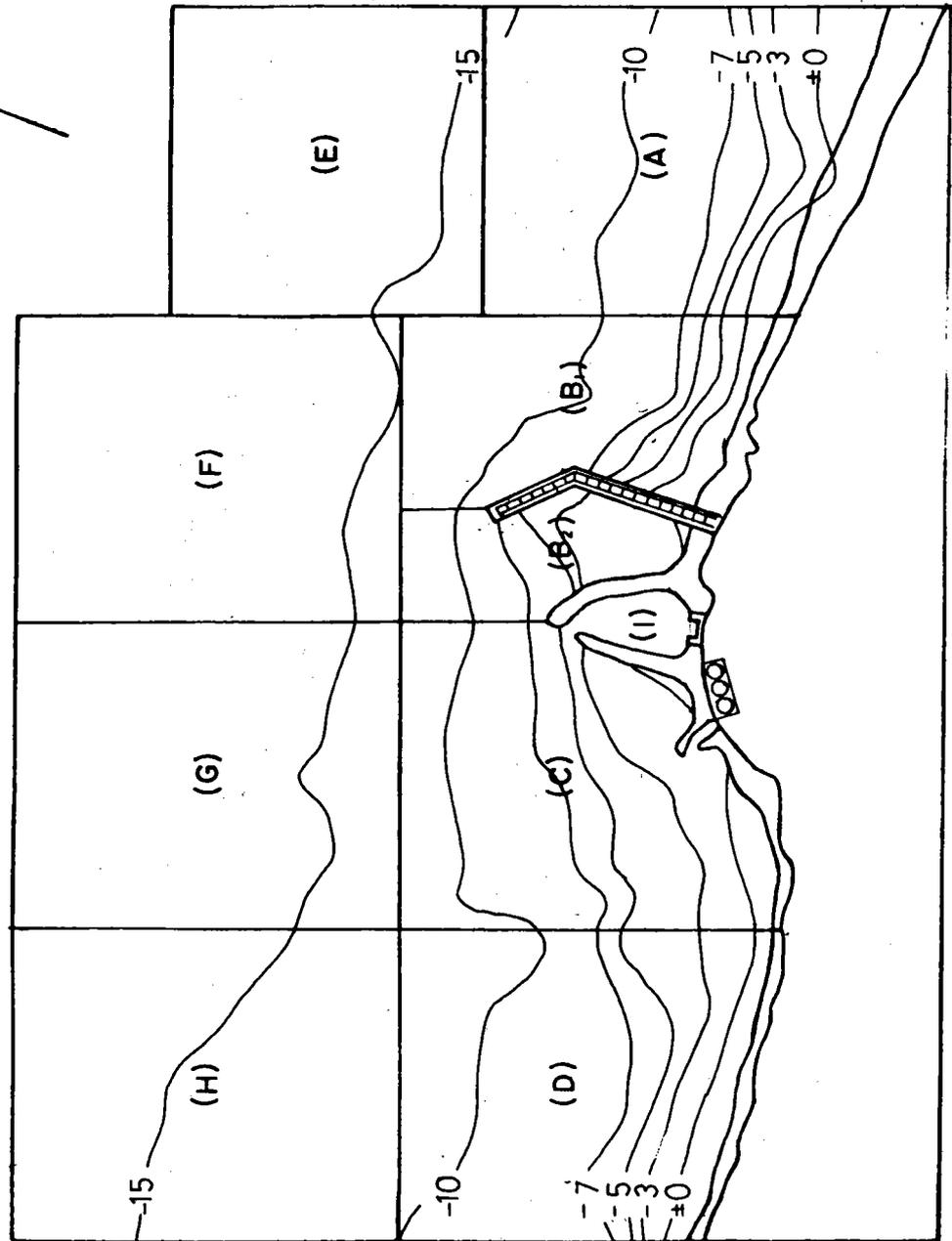


圖 93 主試驗 I，波浪作用 7 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

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

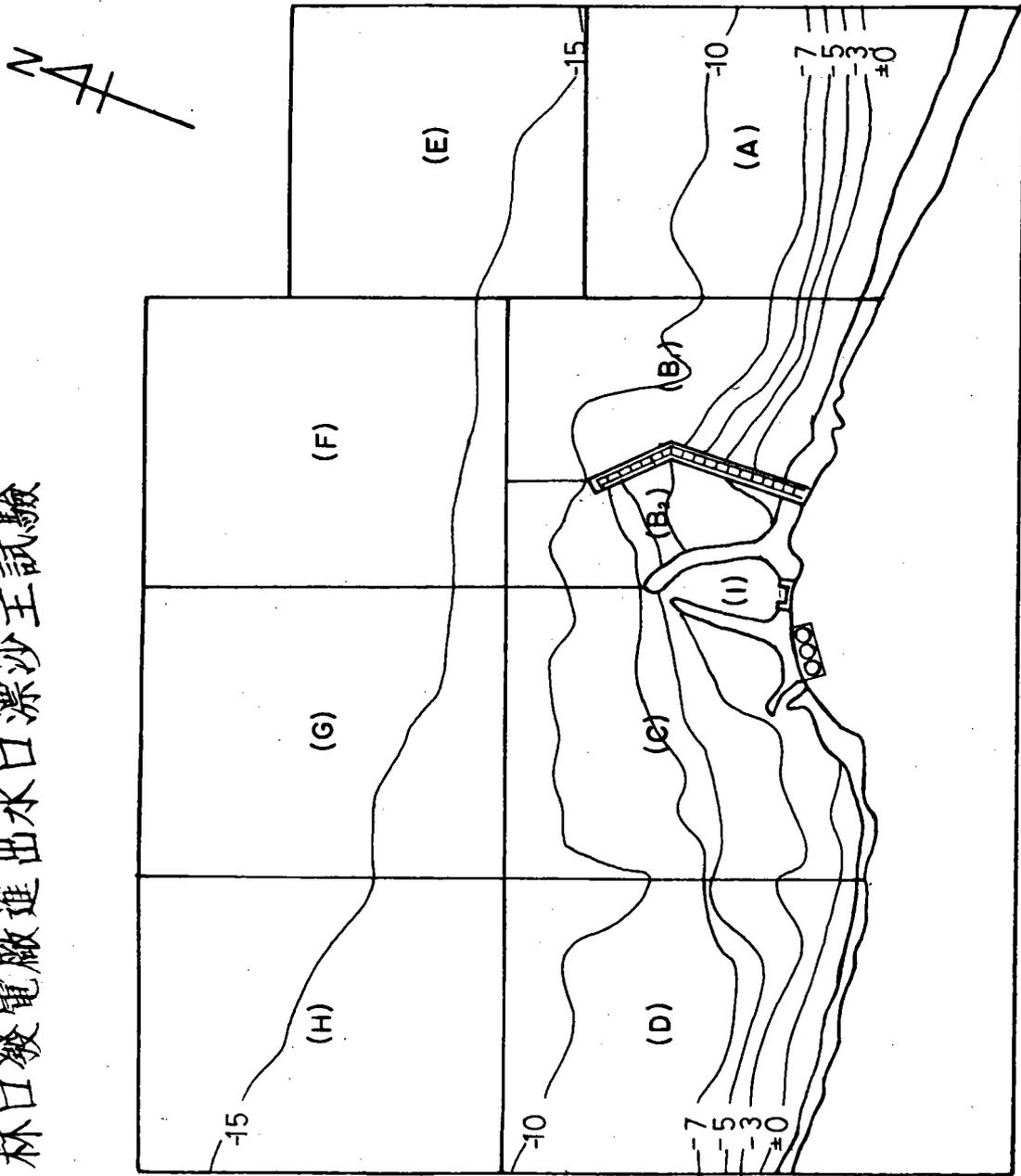


圖 94 主試驗 I，波浪作用 8 小時後之地形

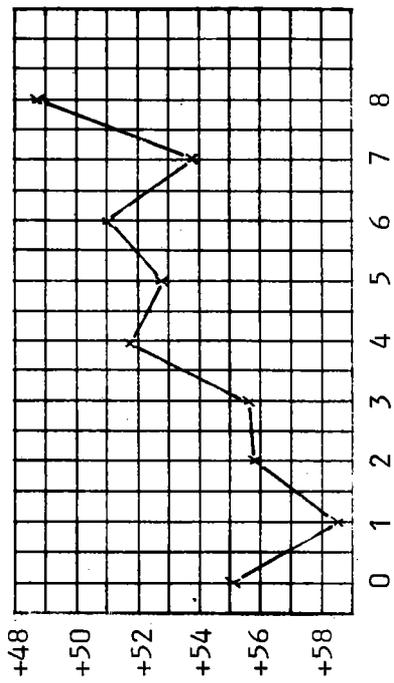


圖 95 主試驗 I, A區土方變化圖

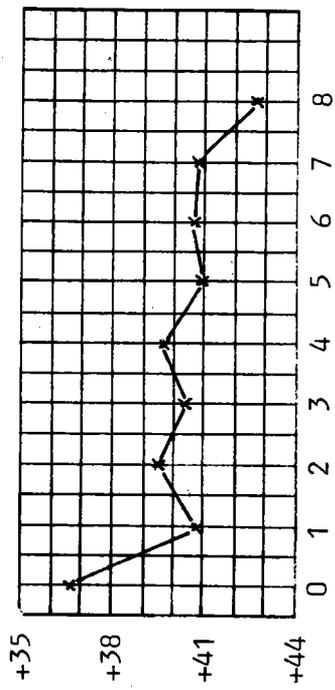


圖 98 主試驗 I, C區土方變化圖

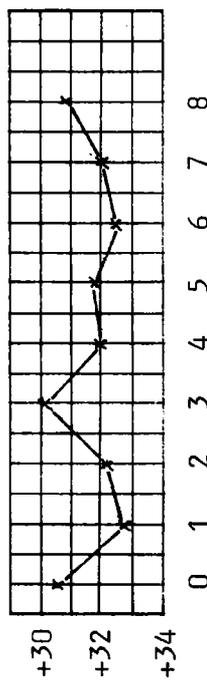


圖 96 主試驗 I, B1區土方變化圖

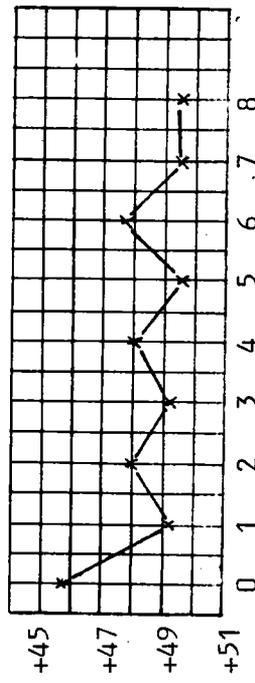


圖 99 主試驗 I, D區土方變化圖

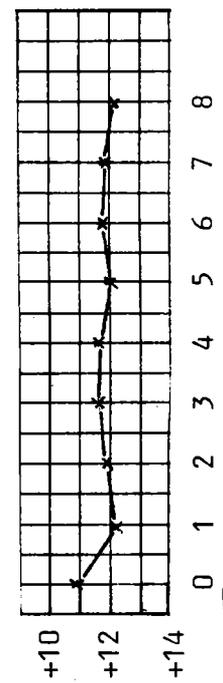


圖 97 主試驗 I, B2區土方變化圖

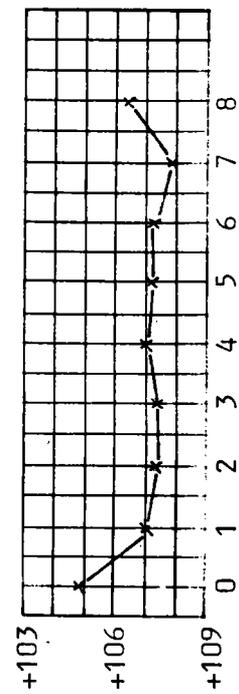


圖 100 主試驗 I, E區土方變化圖

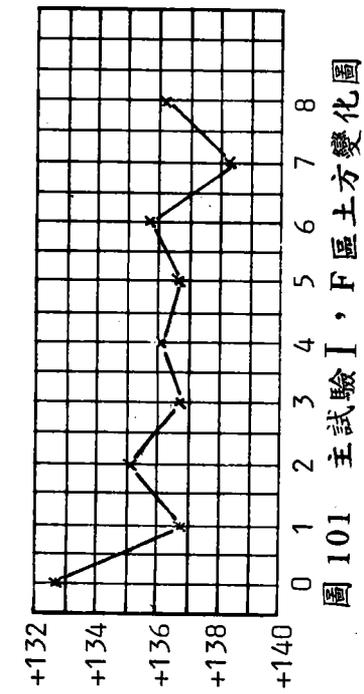


圖 101 主試驗 I, F 區土方變化圖

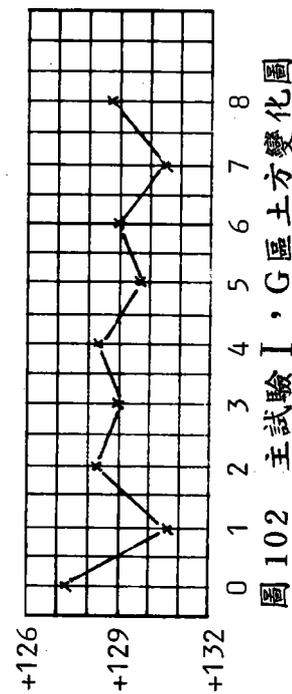


圖 102 主試驗 I, G 區土方變化圖

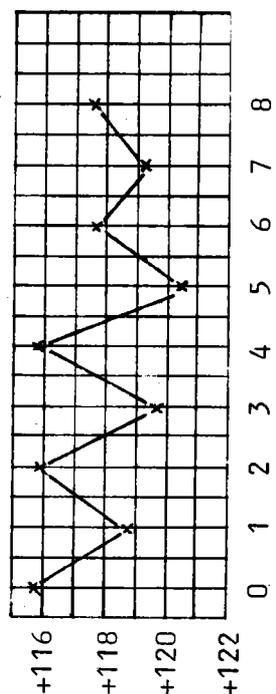


圖 103 主試驗 I, H 區土方變化圖

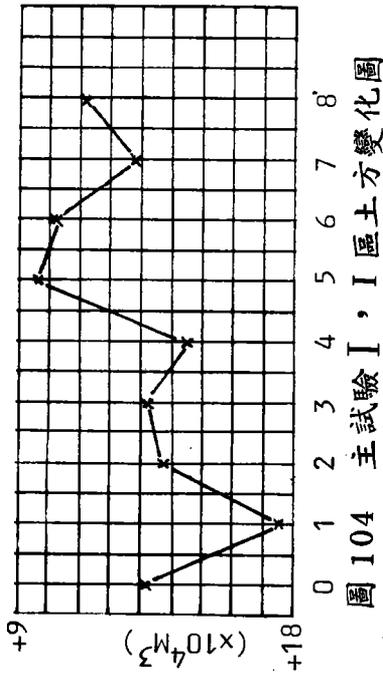


圖 104 主試驗 I, I 區土方變化圖

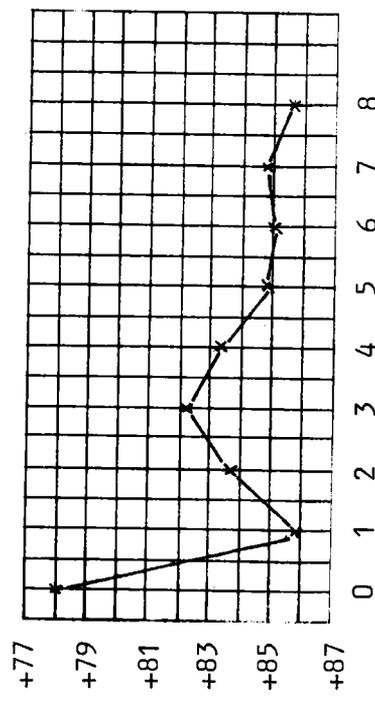
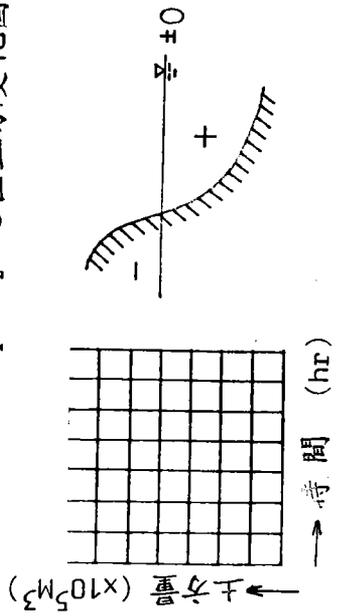


圖 104.1 主試驗 I, B₁+B₂+C 區土方變化圖



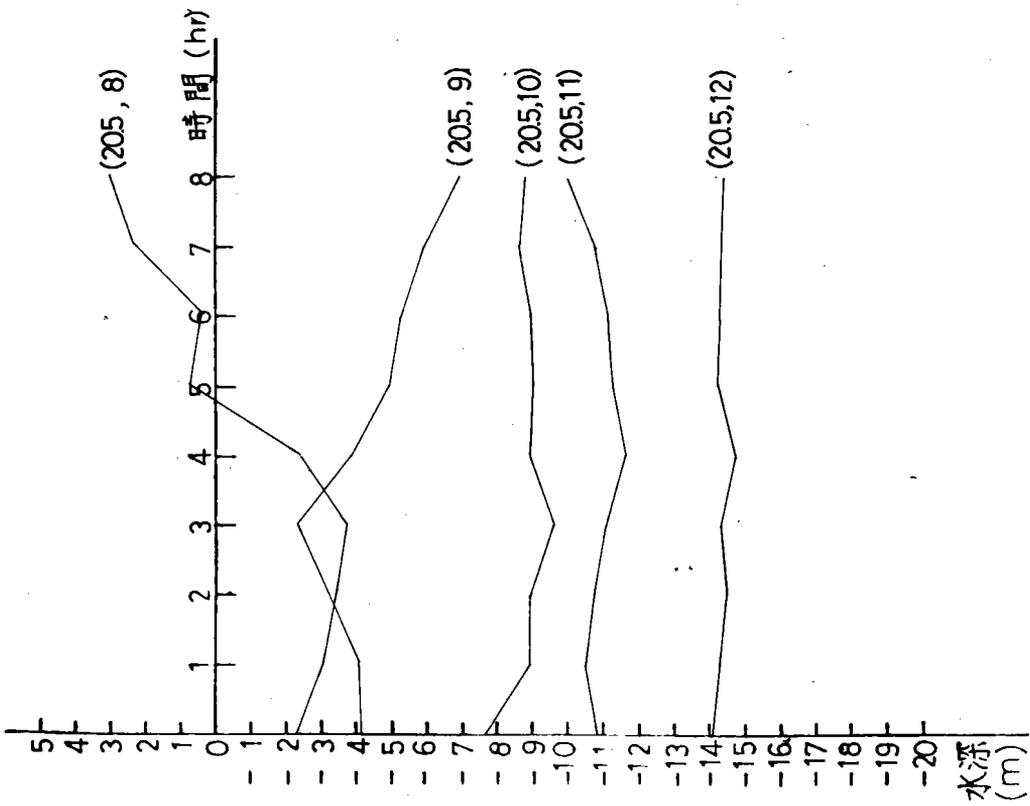


圖 106 主試驗 I，B1 區代表點
之水深—時間變化圖

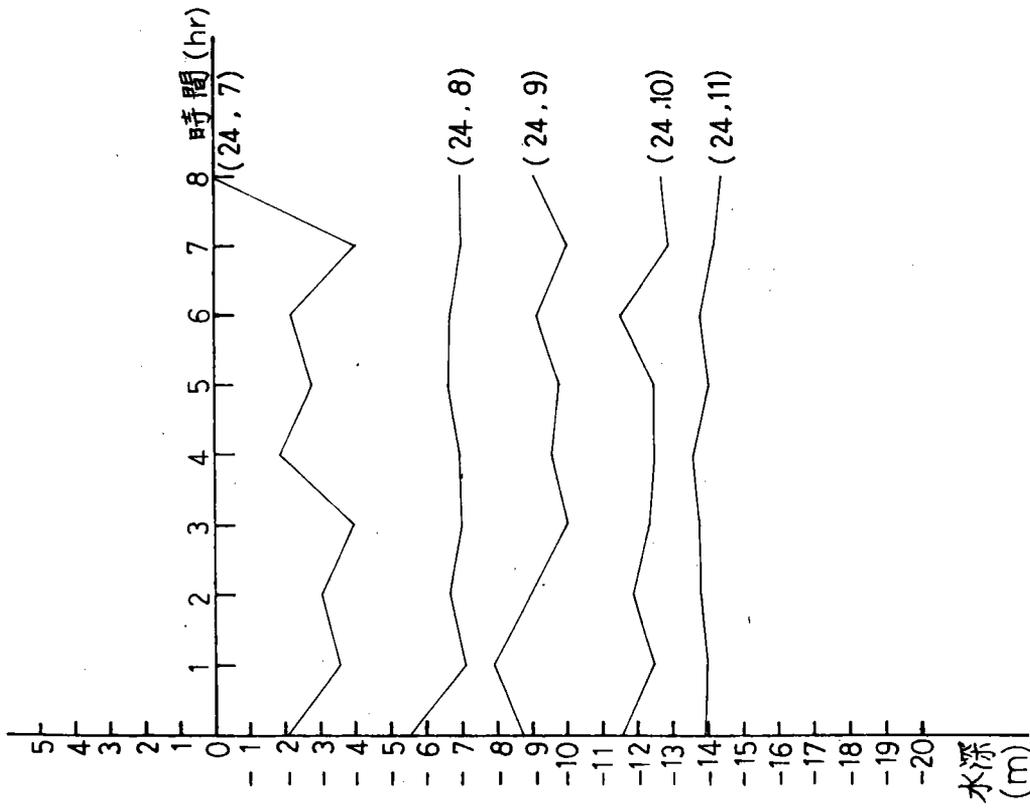


圖 105 主試驗 I，A 區代表點
之水深—時間變化圖

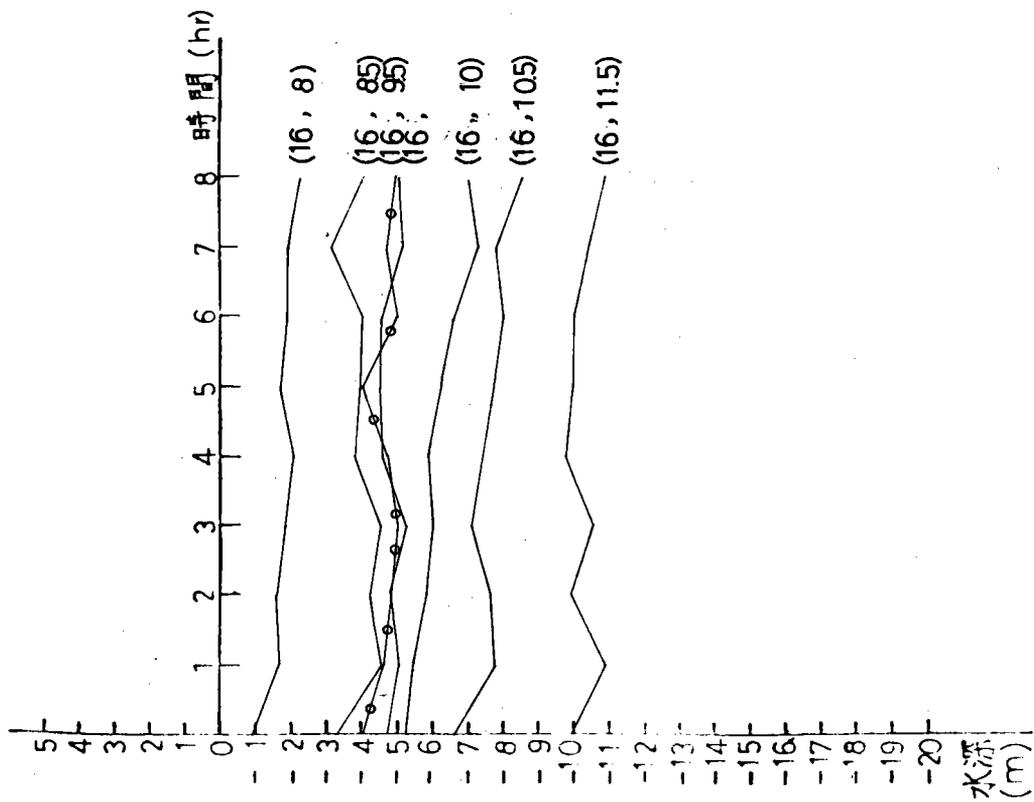


圖 108 主試驗 I，C 區代表點
之水深—時間變化圖

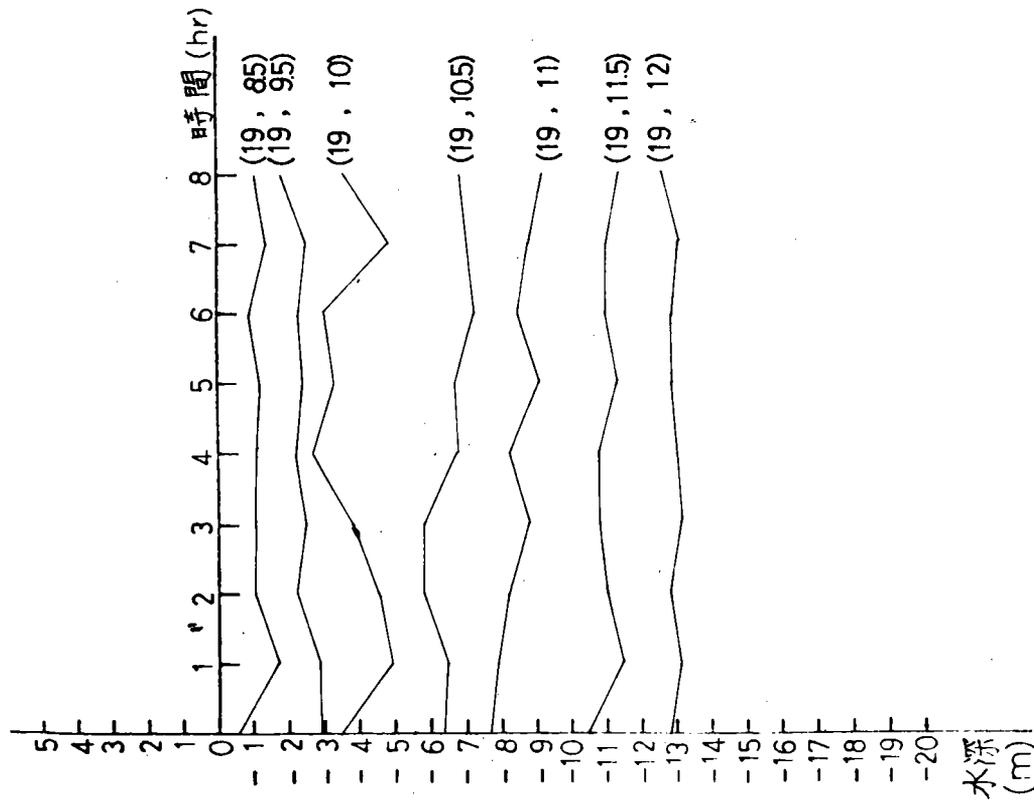


圖 107 主試驗 I，B2 區代表點
水深—時間變化圖

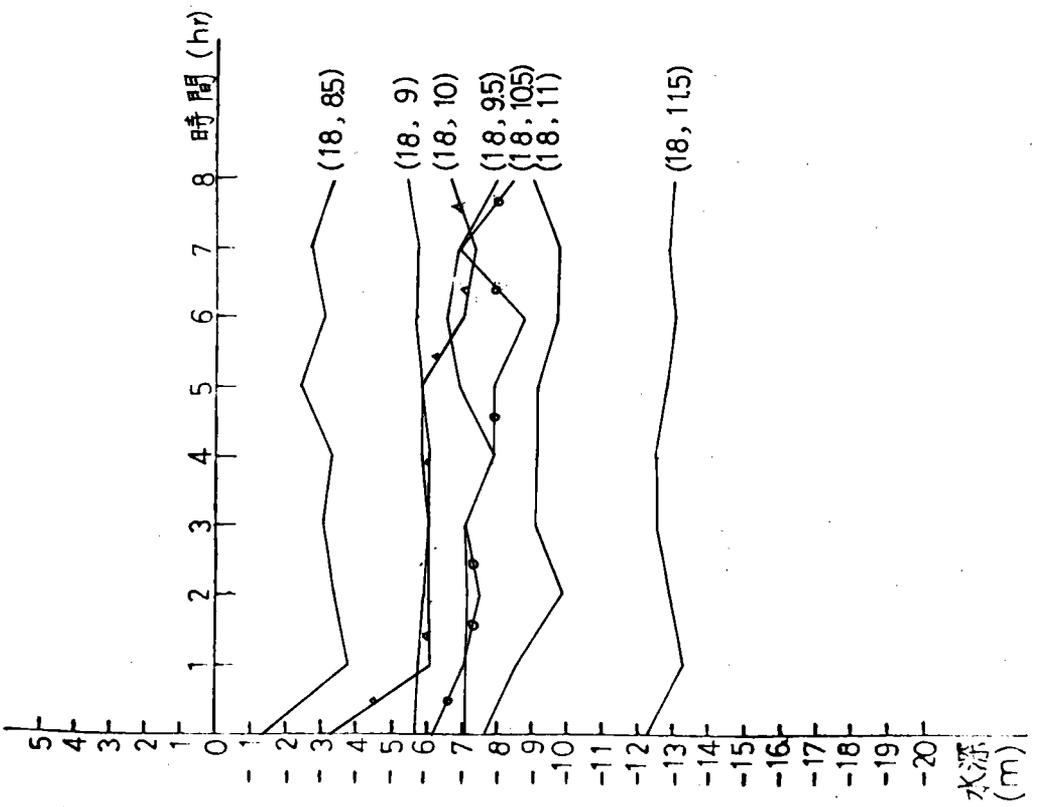


圖 110 主試驗 I，I 區代表點
之水深—時間變化圖

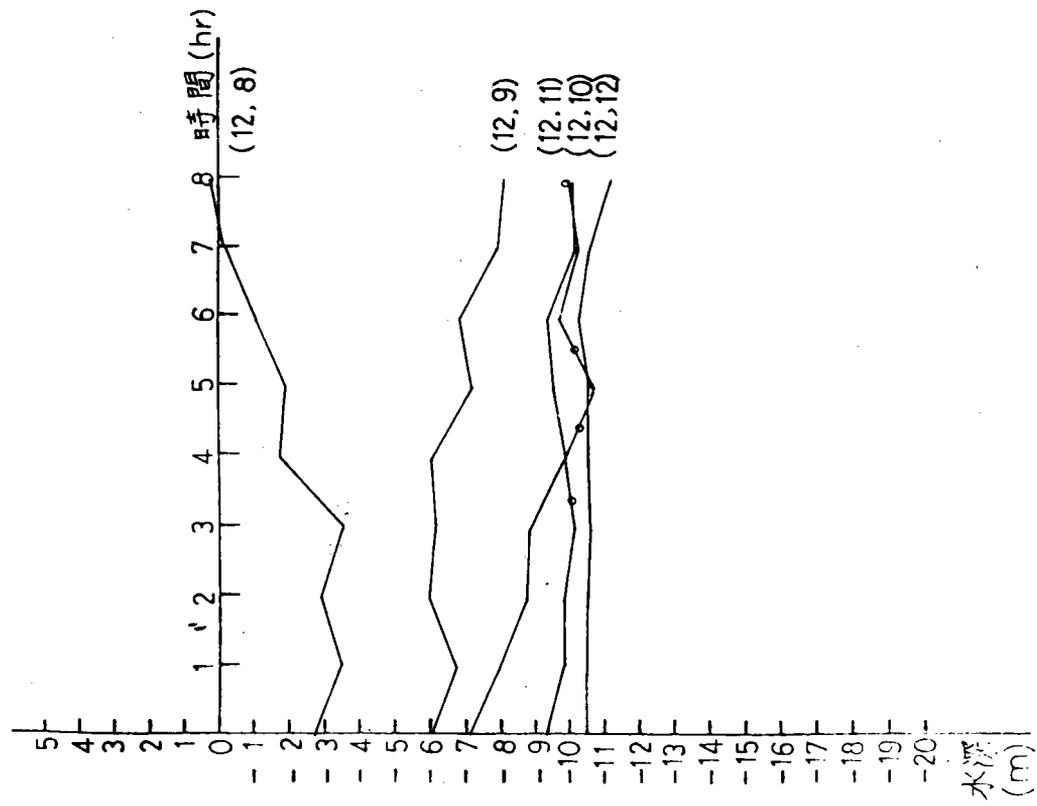


圖 109 主試驗 I，D 區代表點
之水深—時間變化圖

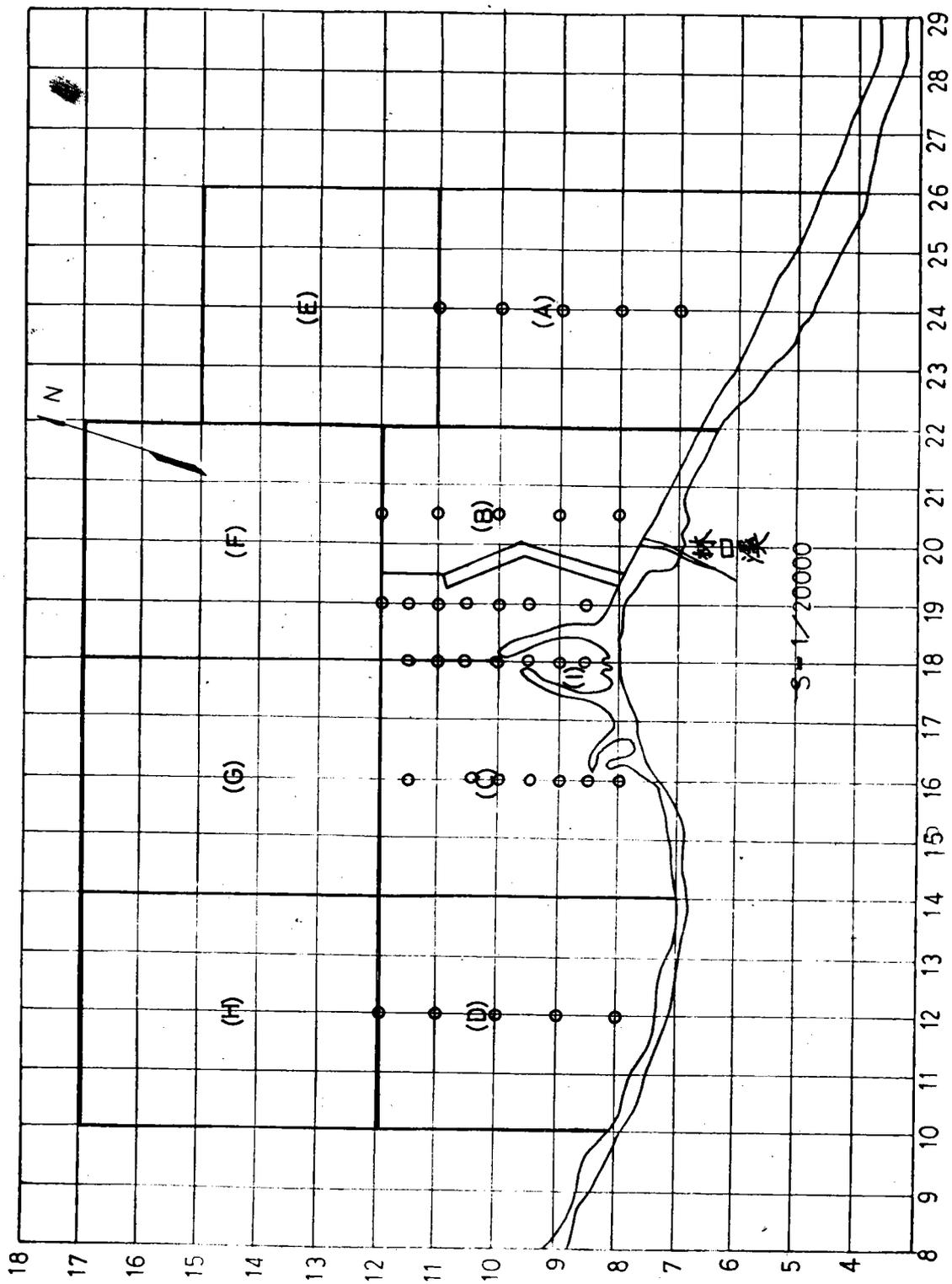
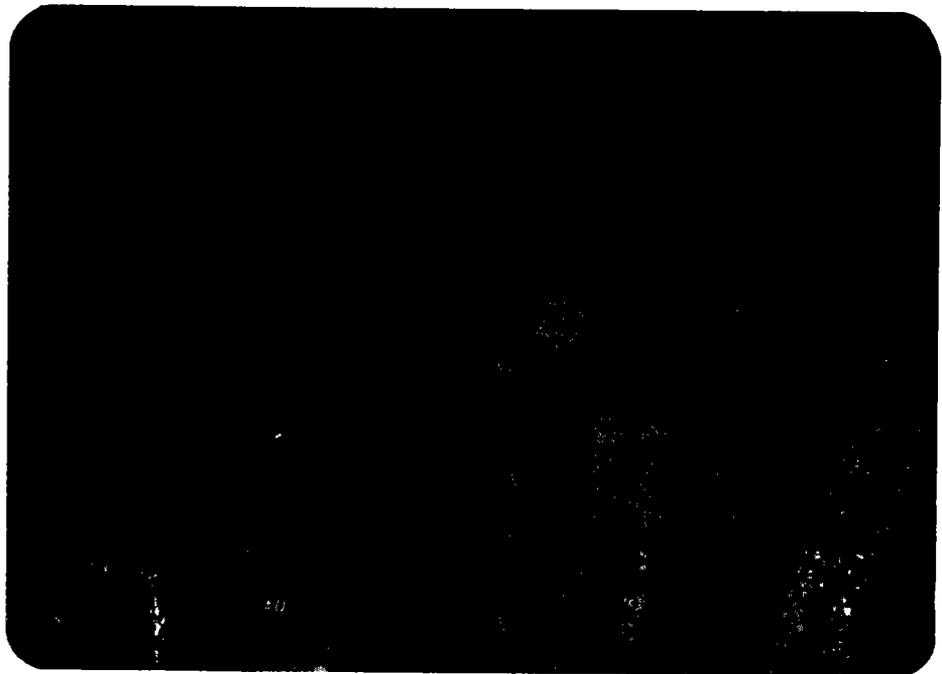


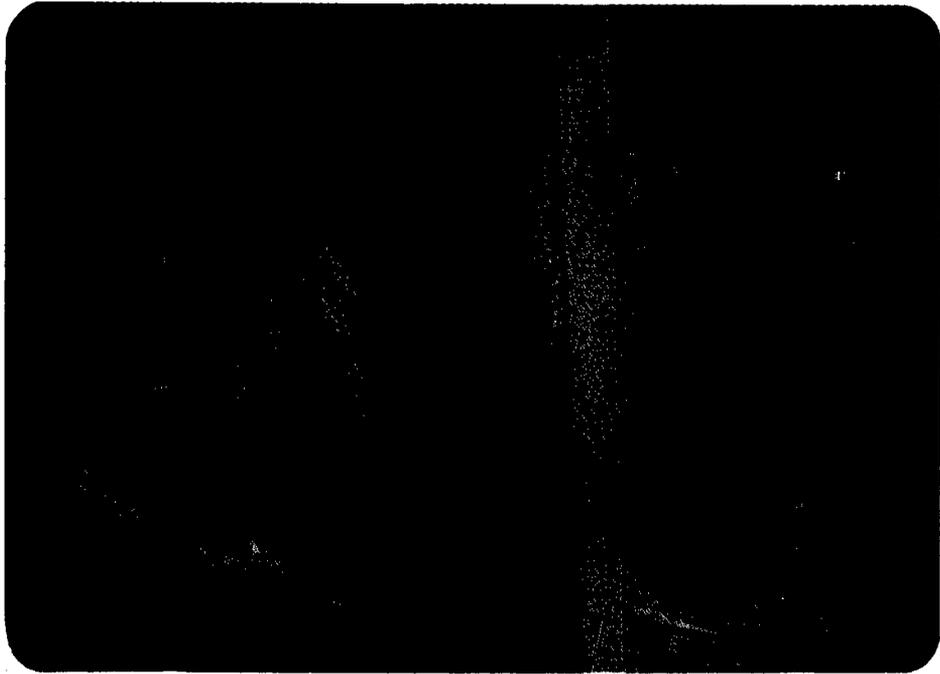
圖 111 主試驗 I 堤防佈置與分區座標圖



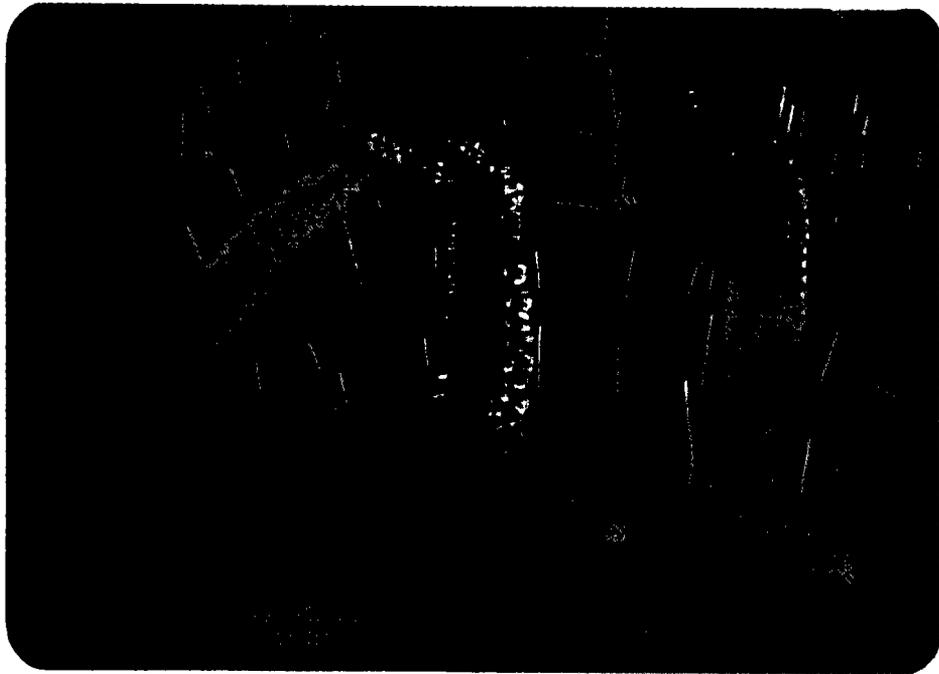
照片 15 主試驗 I，林口電廠進出水口
模型鋪設初期地形



照片 16 主試驗 I，林口電廠進出水口
模型鋪設初期地形



照片 17 主試驗 I，波浪作用 8 小時後，
林口電廠海岸之地形變化



照片 18 主試驗 I，波浪作用 8 小時後，
林口電廠海岸之地形變化

(2)林口電廠進出水口漂沙對策佈置Ⅱ，在NNE向波浪作用下之試驗結果如下：

本試驗之佈置，其原理是以防波堤阻斷沙源，並補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可同時獲致防浪之效果。

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沈積，故於試驗造波40分鐘後，缺口處（即B2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。造波達3小時後，沿岸漂沙已沿離岸堤靠海側向下游輸送，在進水口右堤堤頭與離岸堤堤頭產生積沙，乃因濺波之效果所致。由離岸堤靠海側形成陡狀坡度之沙連地形，乃沙源充分供應下所造成，若於沙源供應不足時，離岸堤之堤址將遭嚴重冲刷。造波時間達5小時後，進水口與離岸堤右防沙堤之間積沙略有增加，由 -5m 及 -7m 等深線在離岸堤移動變化之情形可看出漂沙之方向乃由右至左，故形成離岸堤之右堤頭有冲刷之現象。但從進水口至離岸堤左堤頭之間 -5m ， -7m 等深線向海側外移之情形，可知此地帶會形成堆積，此乃上游漂沙被波浪沿岸流沿離岸堤帶至本區後，遇及隱蔽區以及波浪在堤頭繞射，故而淤積於本區。

當造波時間達8小時後，進水口右堤與離岸堤，右防波堤間之儲沙區已近飽和，此可由圖123至圖132各區土方變化圖觀出，即在開始造波至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，則呈穩定狀態。

當造波時間達10小時後，而初期地形比較，可知右防沙堤與上游接岸地帶形成一甚大之積沙區， 0m 等深線前進至離堤頭 $1/3$

處，顯示攔沙效果不錯，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 B2 區），因波能量之消滅而沈積於此，另一部分則沿離岸堤靠海側輸送，而堆積於進水口及進出水口之間。

再由土方變化圖可以得知，各區堆積幾呈穩定狀態，而結束本試驗，進行最後地形之測量，如照片 21。

於試驗過程中，亦觀測其沿岸流況，而知其流況分佈如圖 85，呈沿岸走向，與漂沙堆積形態頗一致。

根據圖 133 至圖 138 各區代表點之水深對應於時間之變化，可知各點之堆積或侵蝕情形，其分區及座標點標示法見圖 139 與主試驗 I 相同，試驗中之水深於 -12^m 處，沙粒移動甚少，即水深變化較少，而於 -15^m 幾乎停滯不動，此與等深線於 -15^m 幾乎不變之現象一致。

試驗過程中，每小時地形如圖 112 至圖 122 所示。

試驗過程中，各區土方變化如圖 123 至圖 132.1 所示。

試驗過程中，各區代表點之水深對應於時間變化，如圖 133 至圖 138 所示。

主試驗 II 之堤防佈置與分區座標如圖 139 所示。

主試驗 II 初期模型地形如照片 19、20 所示。

主試驗 II 波浪作用 10 小時後，地形之變化情形，如照片 21 所示。

主試驗 II，波浪作用 10 小時後之地形，如照片 22、23、24 所示。

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號：主試驗Ⅱ
 造波時間：0 hr.
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 潮流：高潮前變化
 加沙率：2 λ /min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

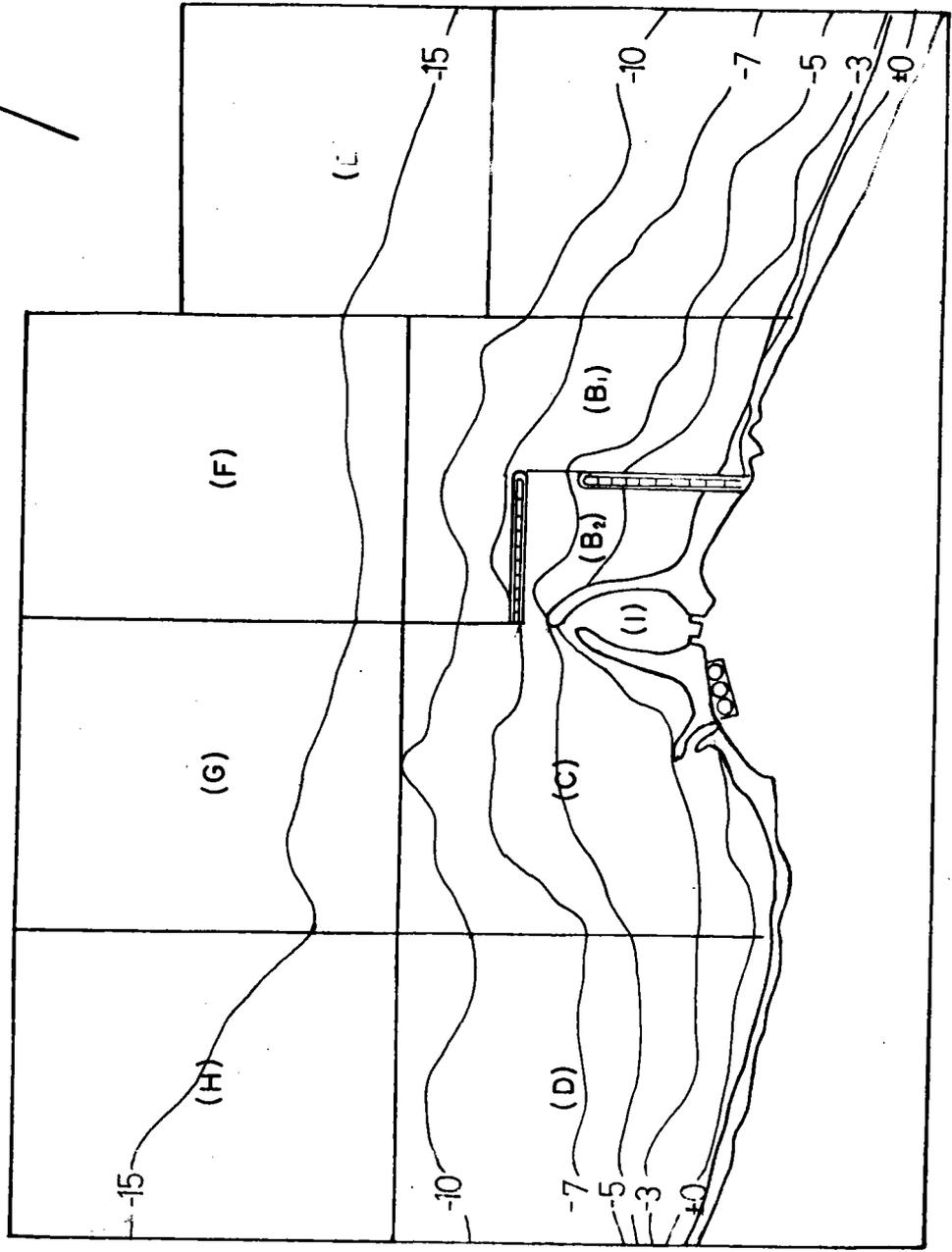


圖 112 主試驗Ⅱ 波浪作用前之初期地形

林口發電廠進出口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 II
 造波時間 : 1 hr.
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 波向 : NNE
 潮流位 : 高低潮位變化
 加沙率 : 2 l/min.
 測量基準 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

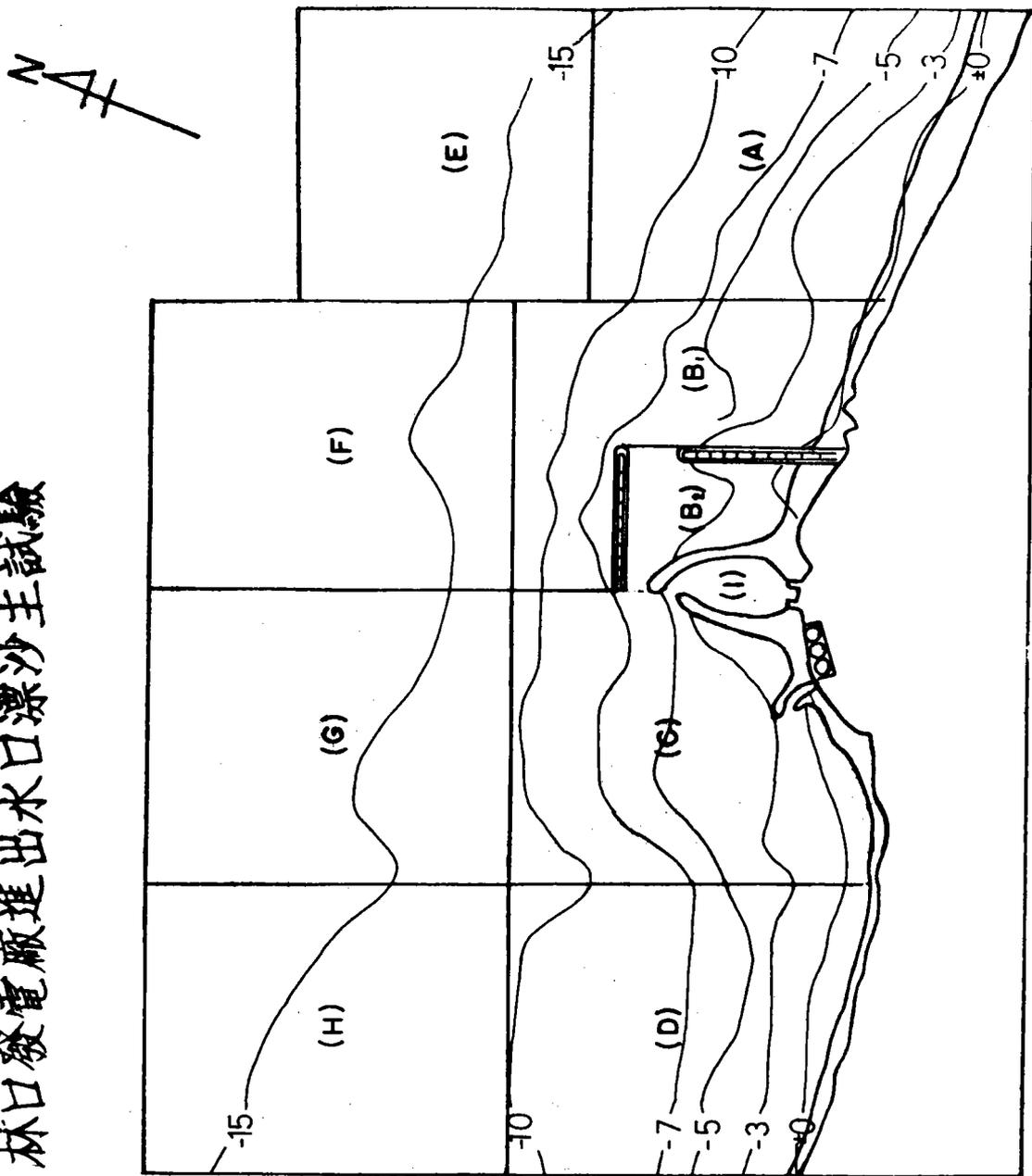


圖 113 主試驗 II 波浪作用 1 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

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

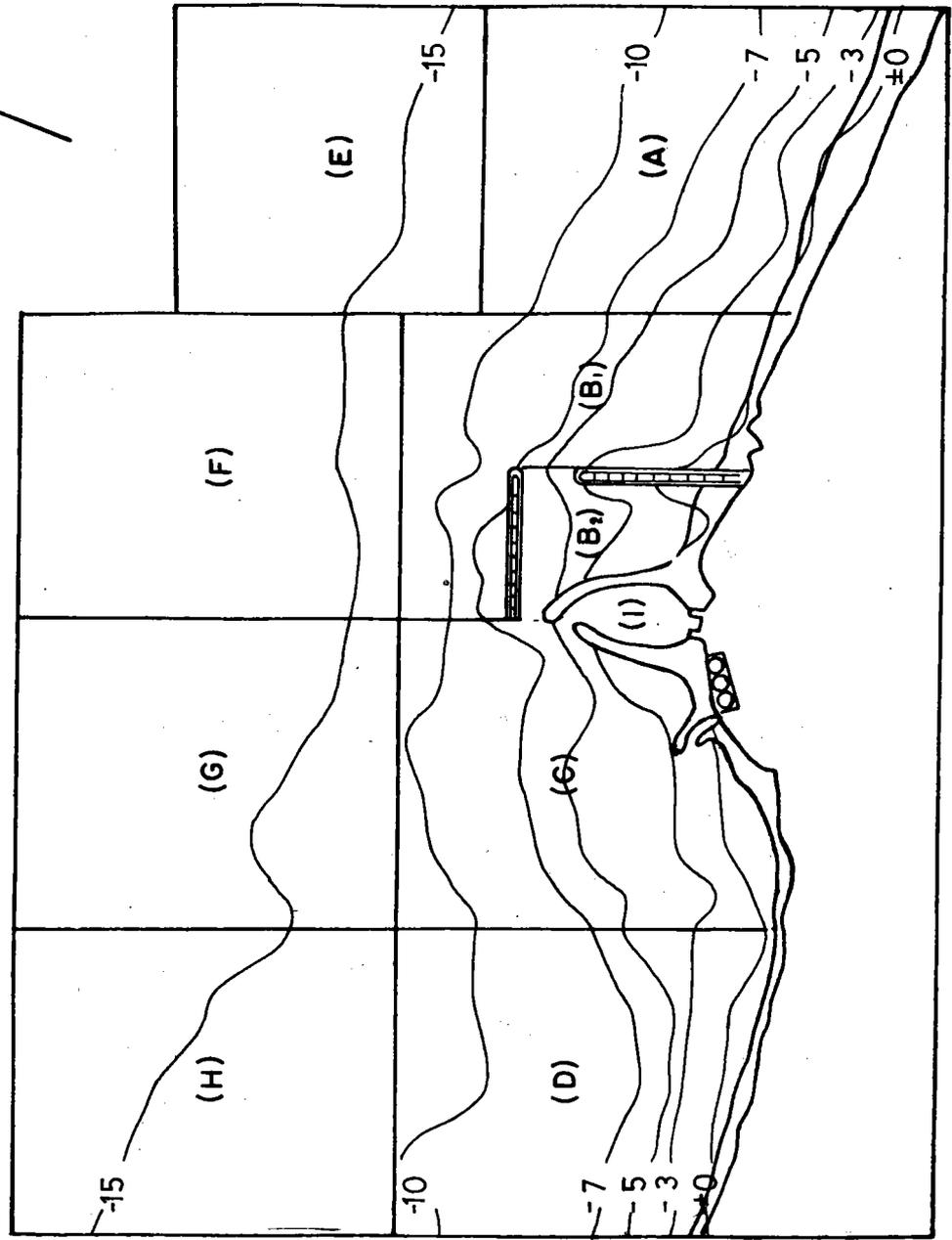


圖 114 主試驗 II 波浪作用 2 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號：主試驗Ⅱ
 造波時間：3 hr.
 初期地形：72.6.10
 波高：4 m.
 週期：12 sec.
 波向：NNE
 潮流位：高低潮位變化
 加沙率：2 l/min.
 測量基準：基準點
 比例尺：1/20,000

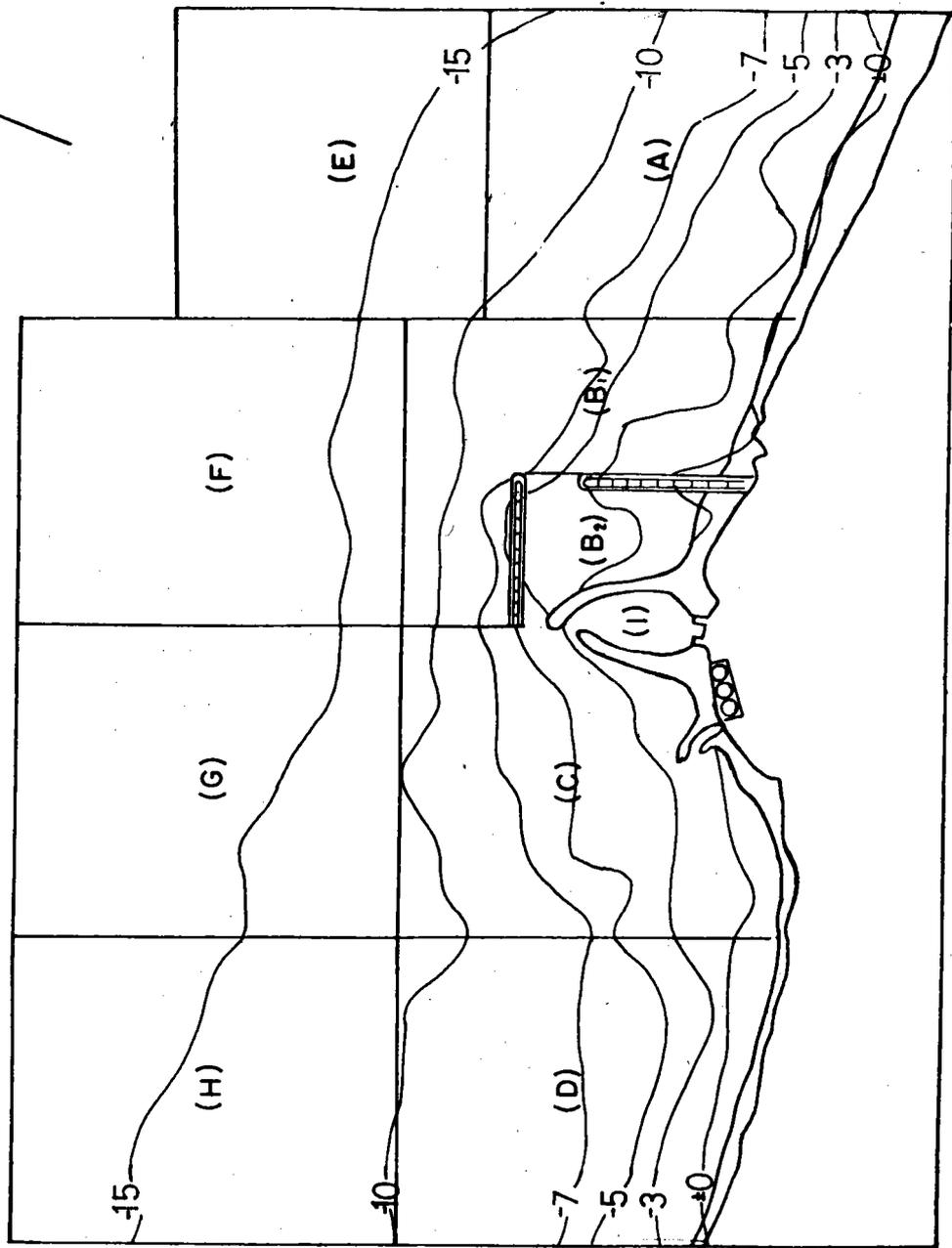


圖 115 主試驗Ⅱ 波浪作用 3 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 II
 造波時間 : 4 hr.
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 波向 : NNE
 潮流位率 : 高低潮位變化
 加量沙 : 2 l/min.
 測量基準 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

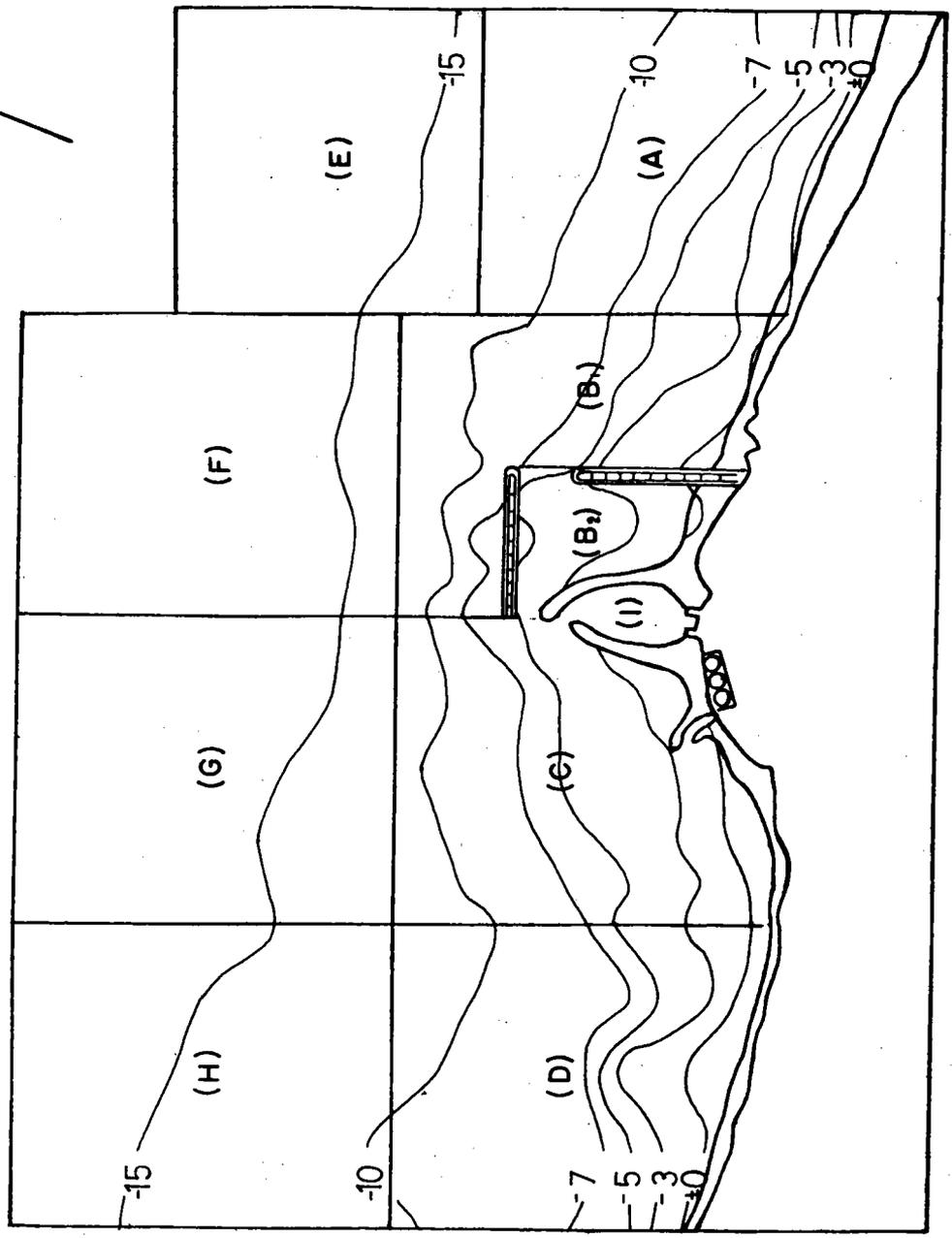


圖 116 主試驗 II 波浪作用 4 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 II
 造波時間 : 5 hr.
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 波向 : NNE
 潮位 : 高低潮位變化
 加沙率 : 2 l/min.
 測量基準 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

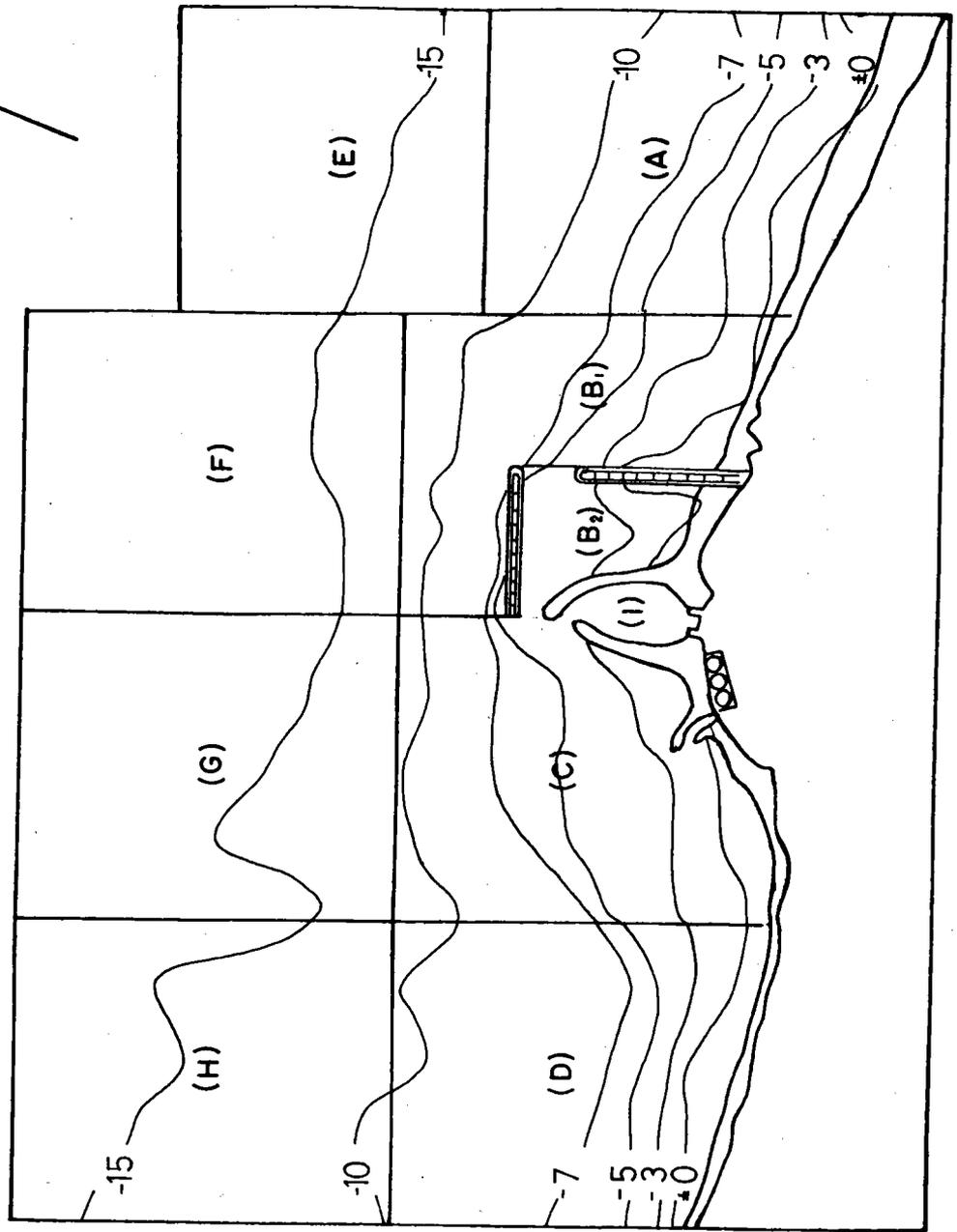


圖 117 主試驗 II 波浪作用 5 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

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

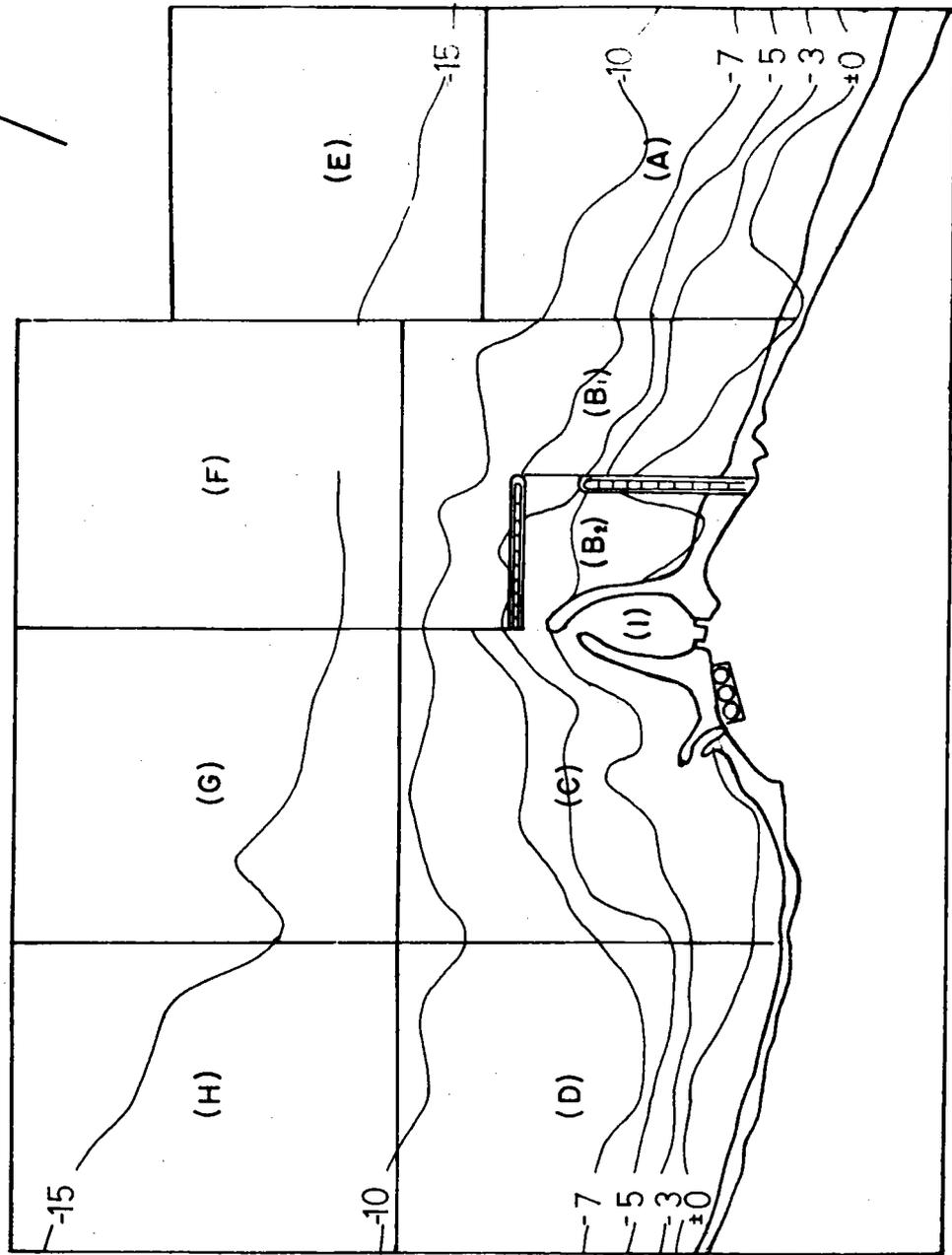


圖 118 主試驗 II 波浪作用 6 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 II
 造波時間 : 7 hr.
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 波向 : NNE
 潮流位 : 高低潮位變化
 加沙率 : 2 l/min.
 測量基準 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

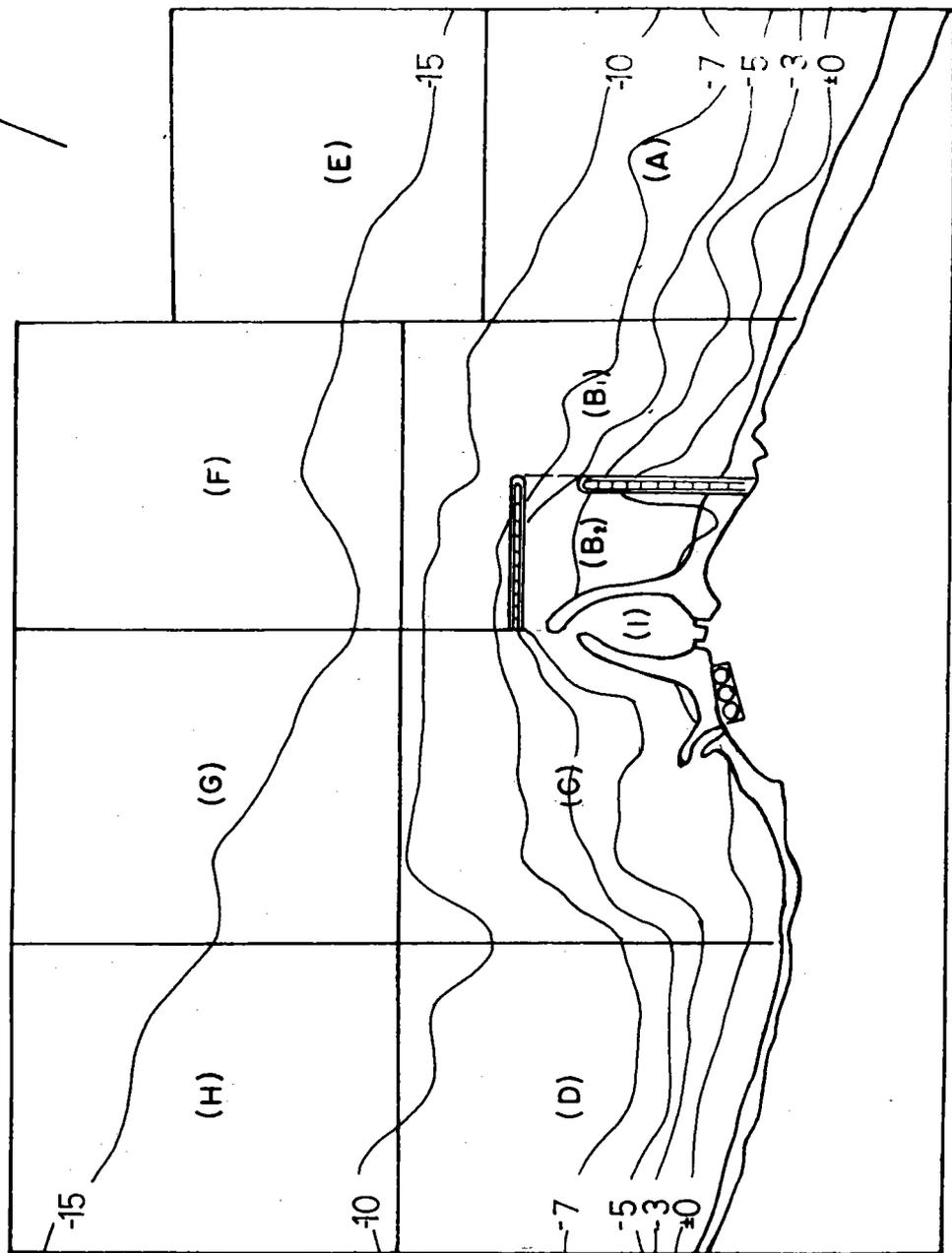


圖 119 主試驗 II 波浪作用 7 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗

編號 : 主試驗 II
 造波時間 : 8 hr.
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 波向 : NNE
 加潮位率 : 高低潮位變化
 測量沙基 : 2 l/min.
 測量基準點 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

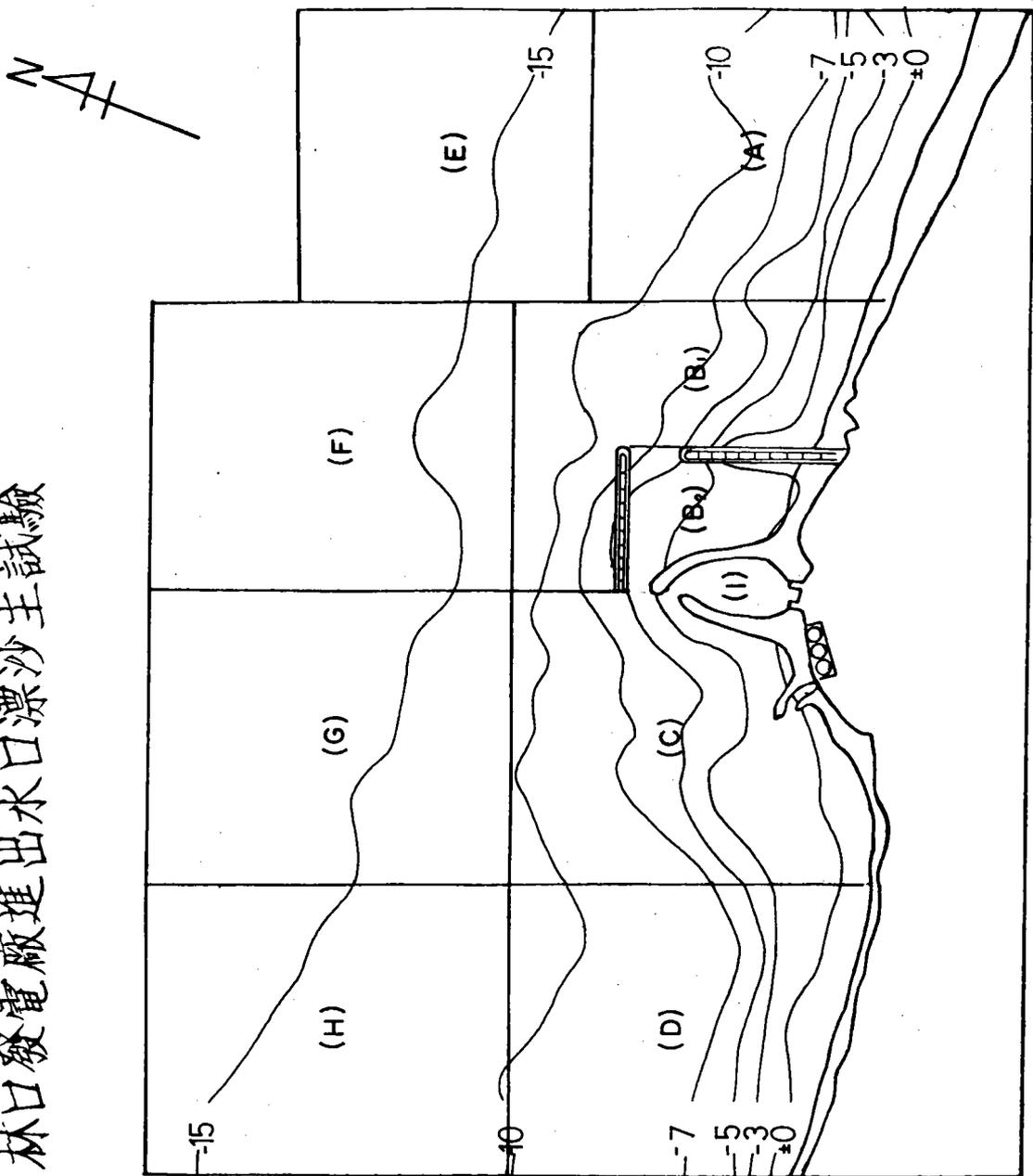
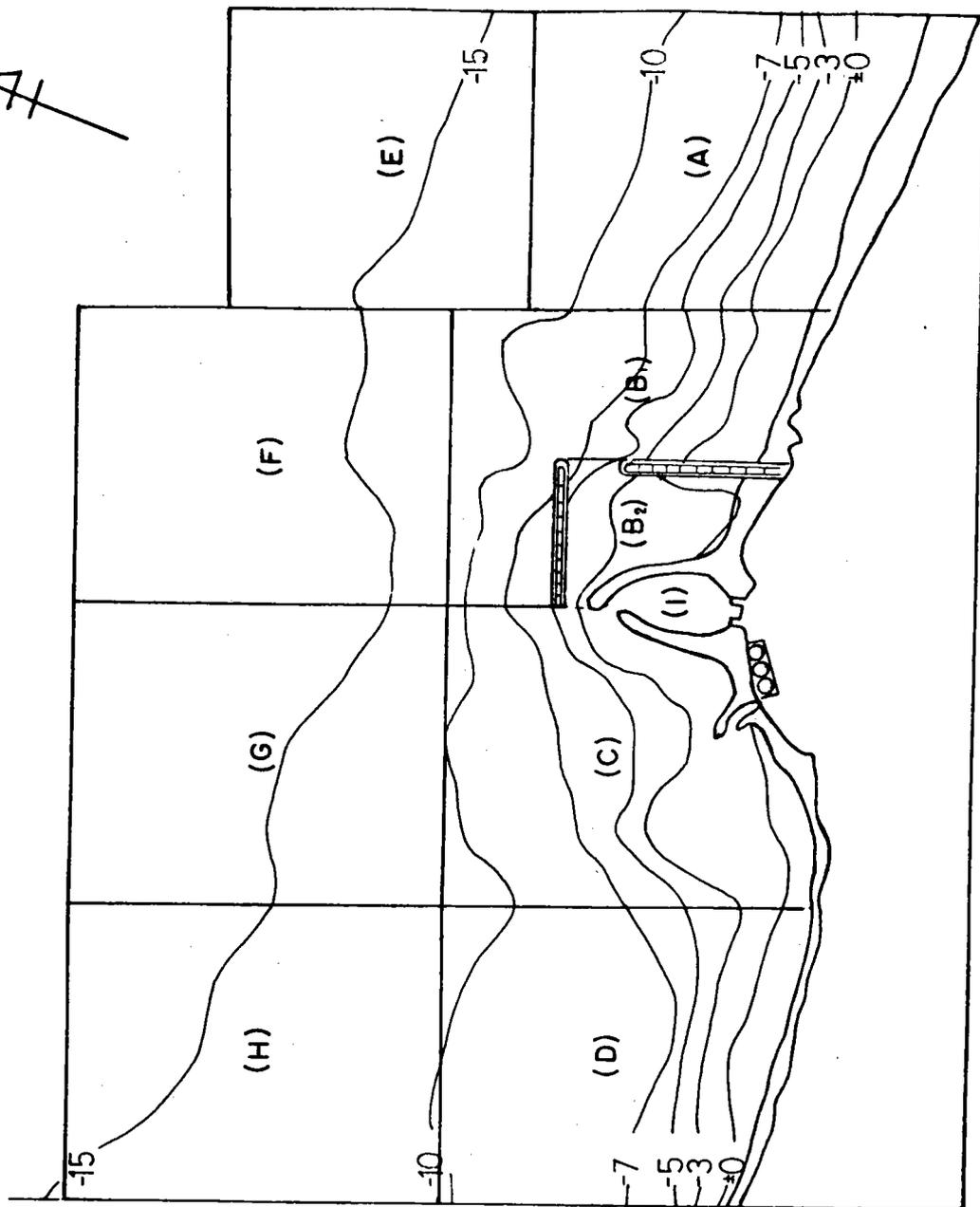


圖 120 主試驗 II 波浪作用 8 小時後之地形

林口發電廠進出水口漂沙主試驗



編號 : 主試驗 II
 造波時間 : 9 hr.
 初期地形 : 72.6.10
 波週期 : 4 m.
 波週期 : 12 sec.
 波潮向位 : NNE
 加沙率 : 高低潮位變化
 測量基準 : 2 l/min.
 比例尺 : 基準點
 : 1/20,000

圖 121 主試驗 II 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

編號 : 主試驗 II
 造波時間 : 10 hr.
 初期地形 : 72.6.10
 波高 : 4 m.
 週期 : 12 sec.
 波向 : NNE
 潮位 : 高低潮位變化
 加沙率 : 2 l/min.
 測量基準 : 基準點
 比例尺 : 1/20,000

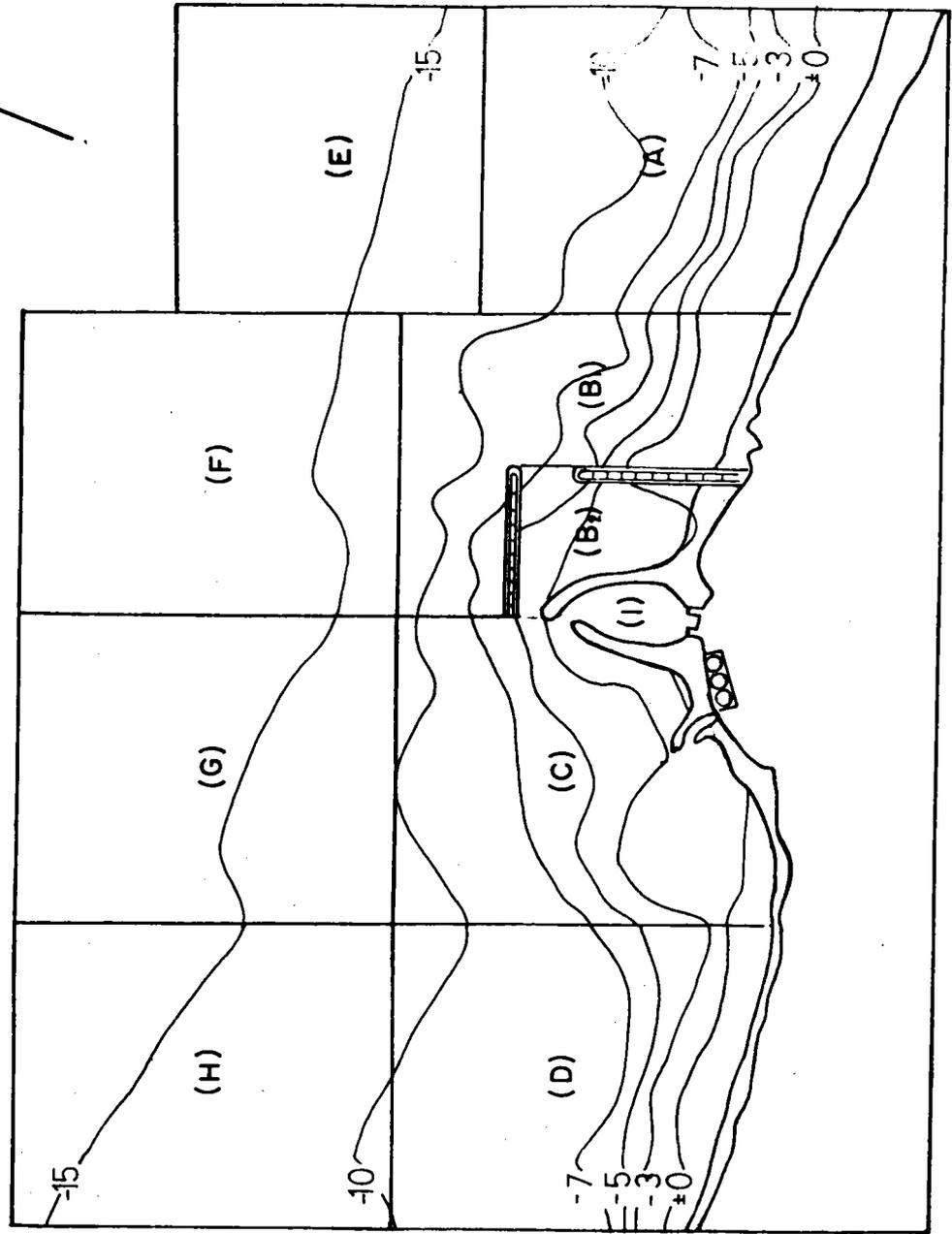


圖 122 主試驗 II 波浪作用 10 小時後之地形

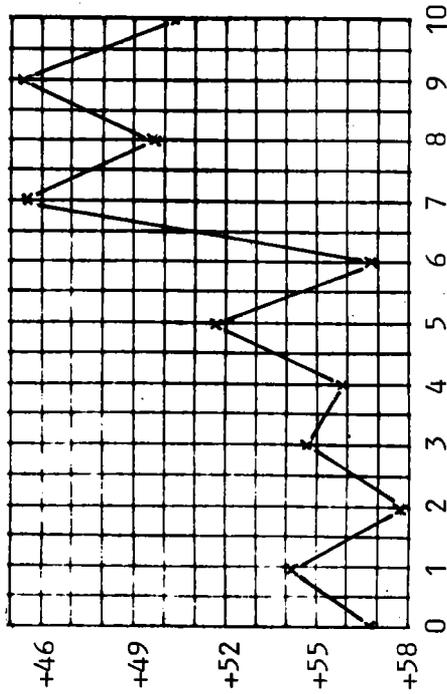


圖 123 主試驗 II, A 區土方變化圖

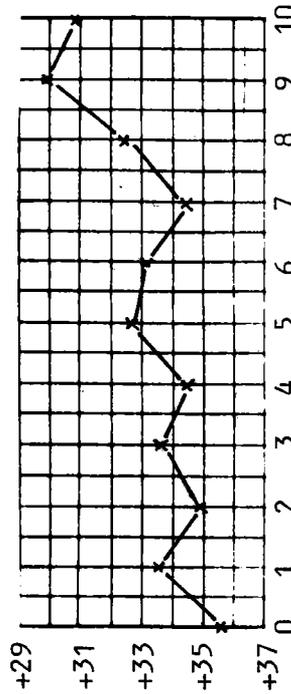


圖 124 主試驗 II, BI 區土方變化圖

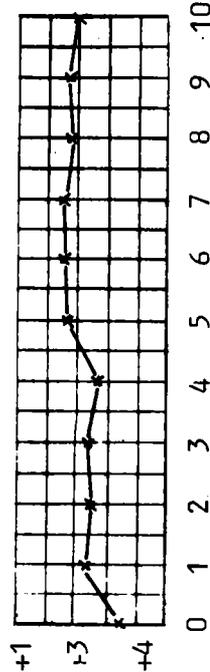


圖 125 主試驗 II, B2 區土方變化圖

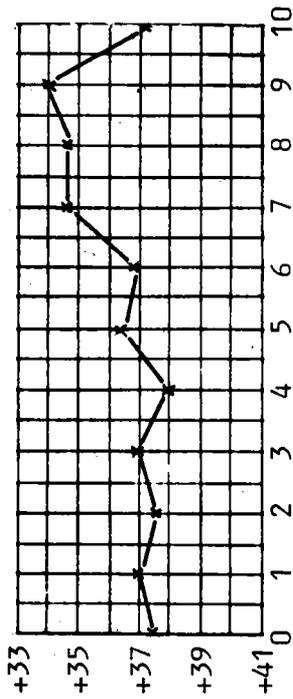


圖 126 主試驗 II, C 區土方變化圖

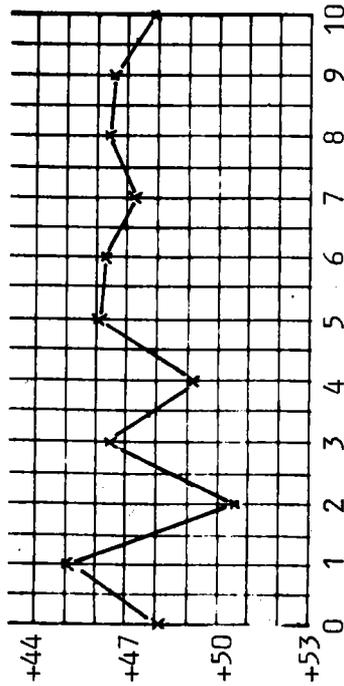


圖 127 主試驗 II, D 區土方變化圖

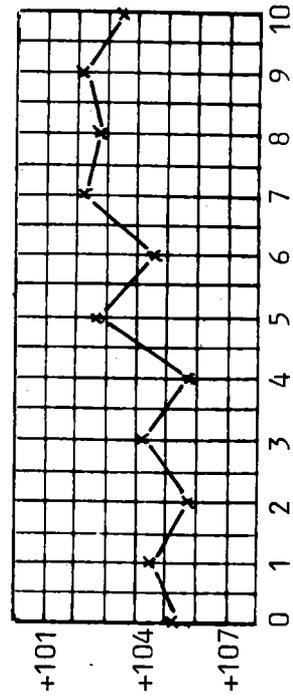
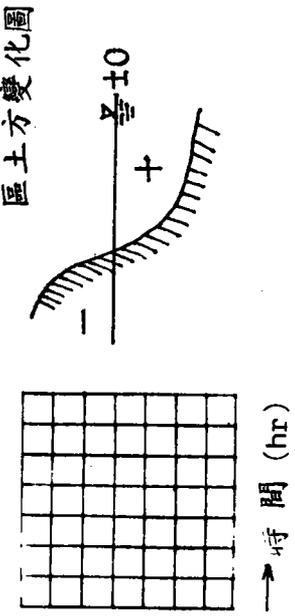
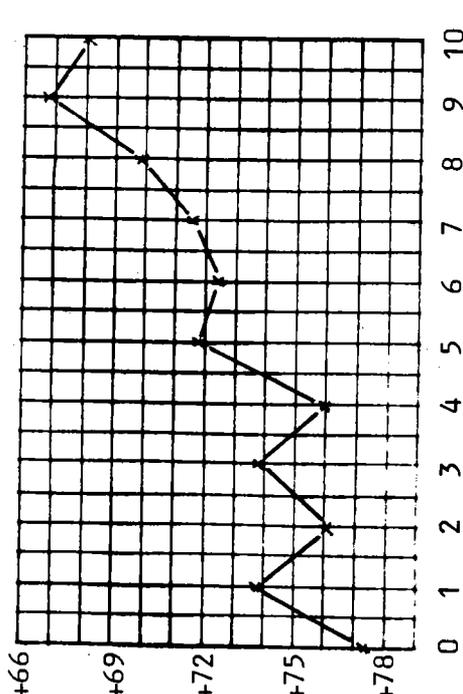
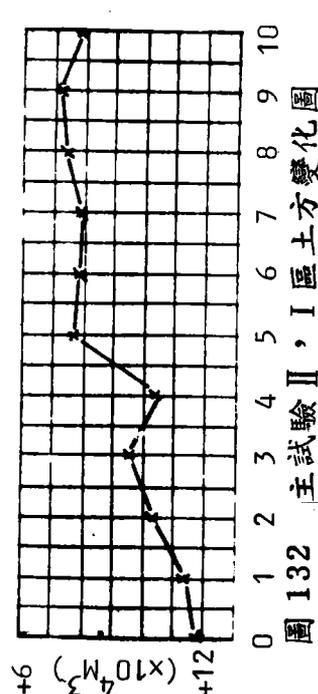
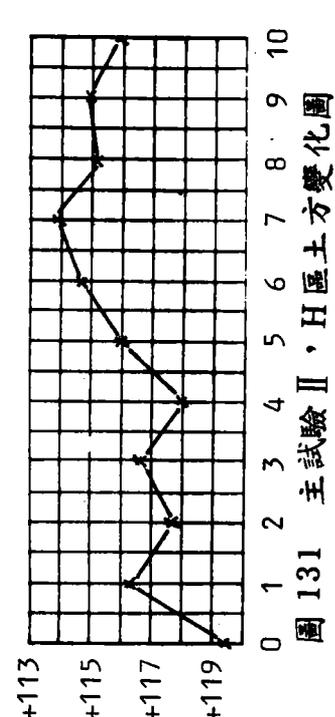
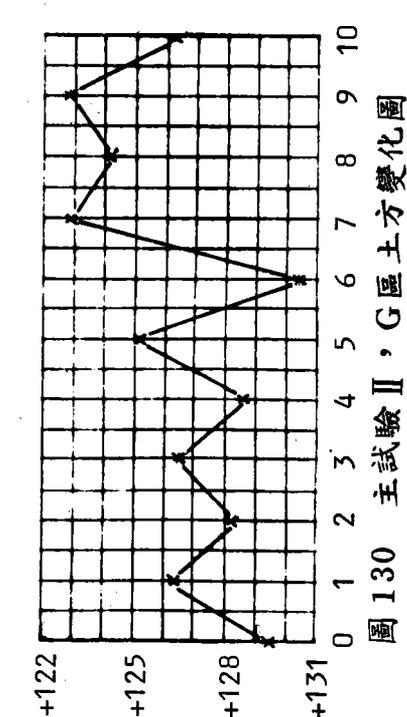
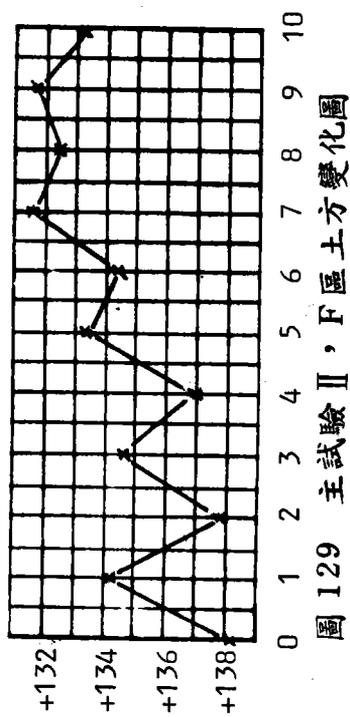


圖 128 主試驗 II, E 區土方變化圖



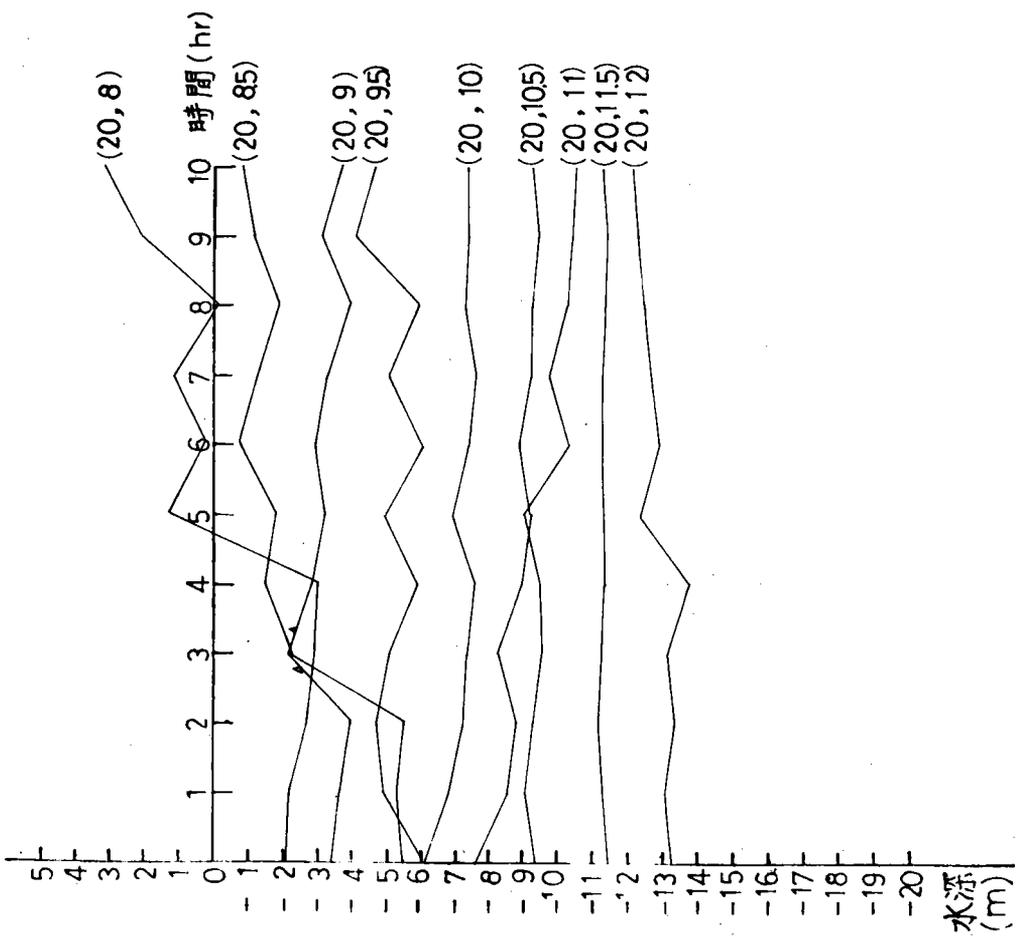


圖 134 主試驗 II，B1 區代表點
水深—時間變化圖

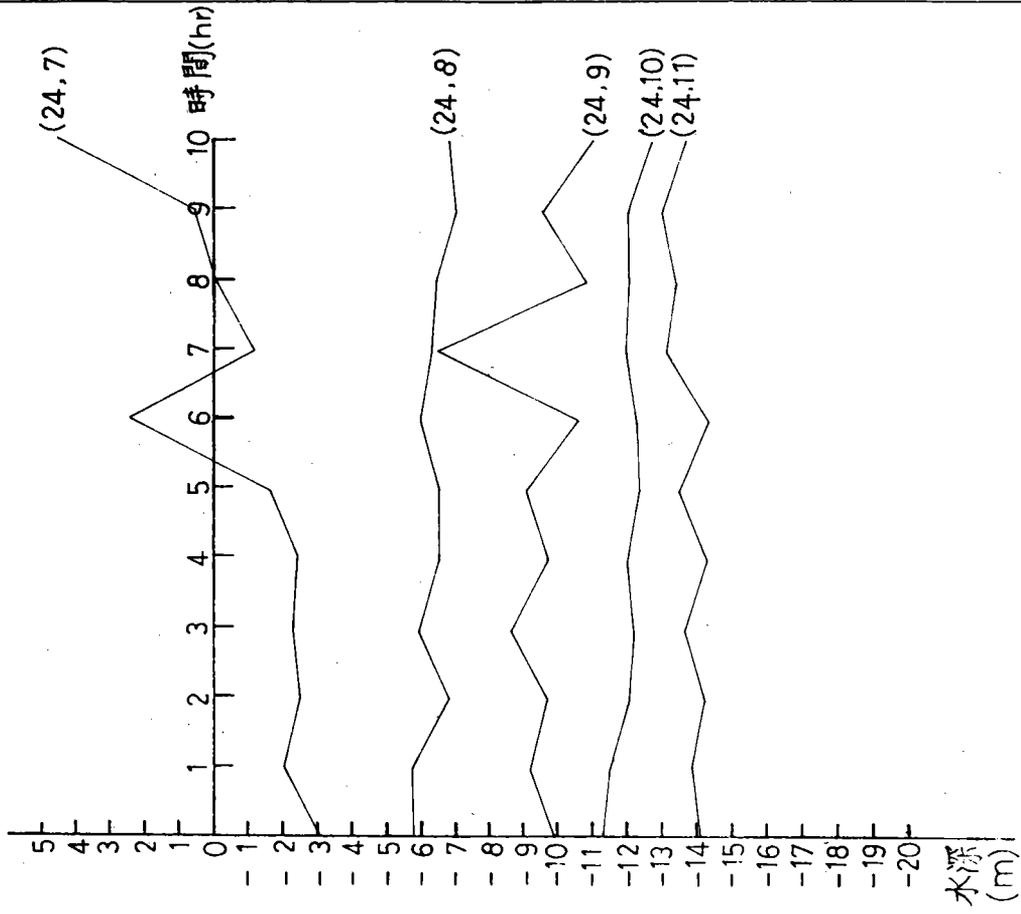


圖 133 主試驗 II，A 區代表點
水深—時間變化圖

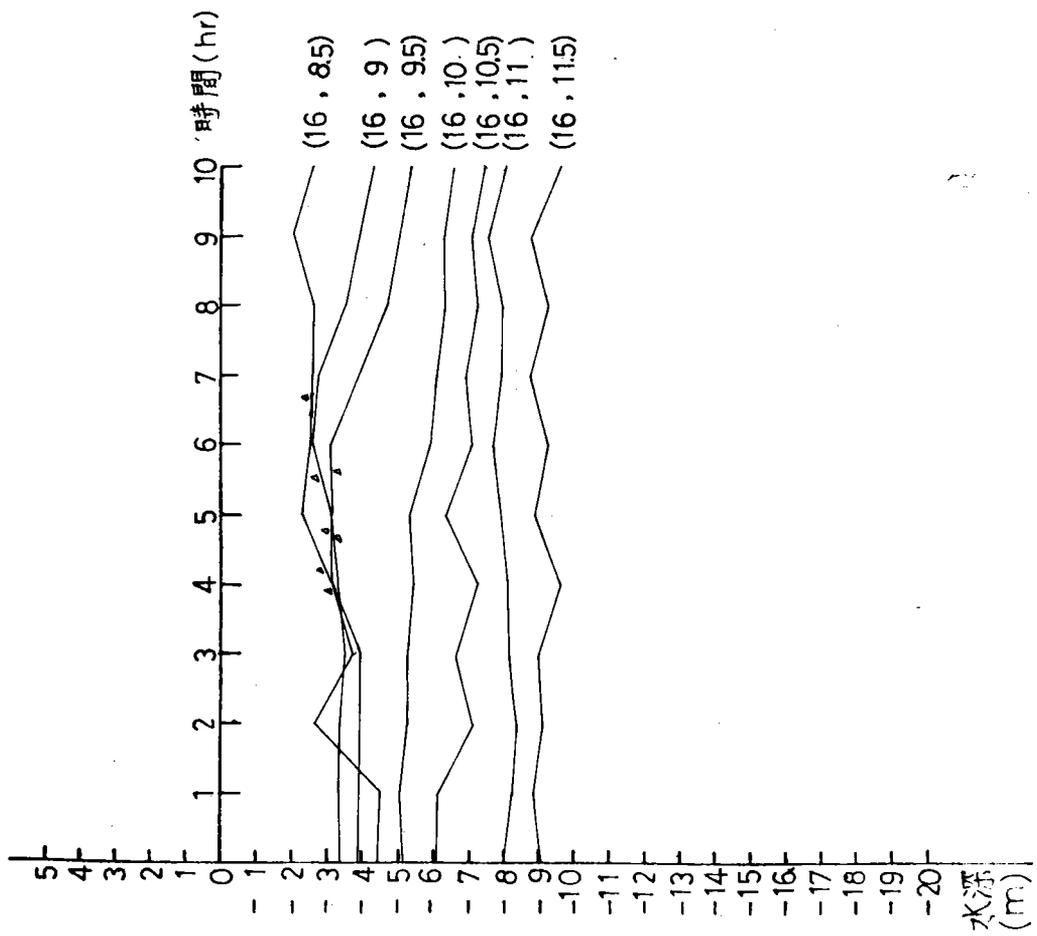


圖 136 主試驗 II，C 區代表點
水深—時間變化圖

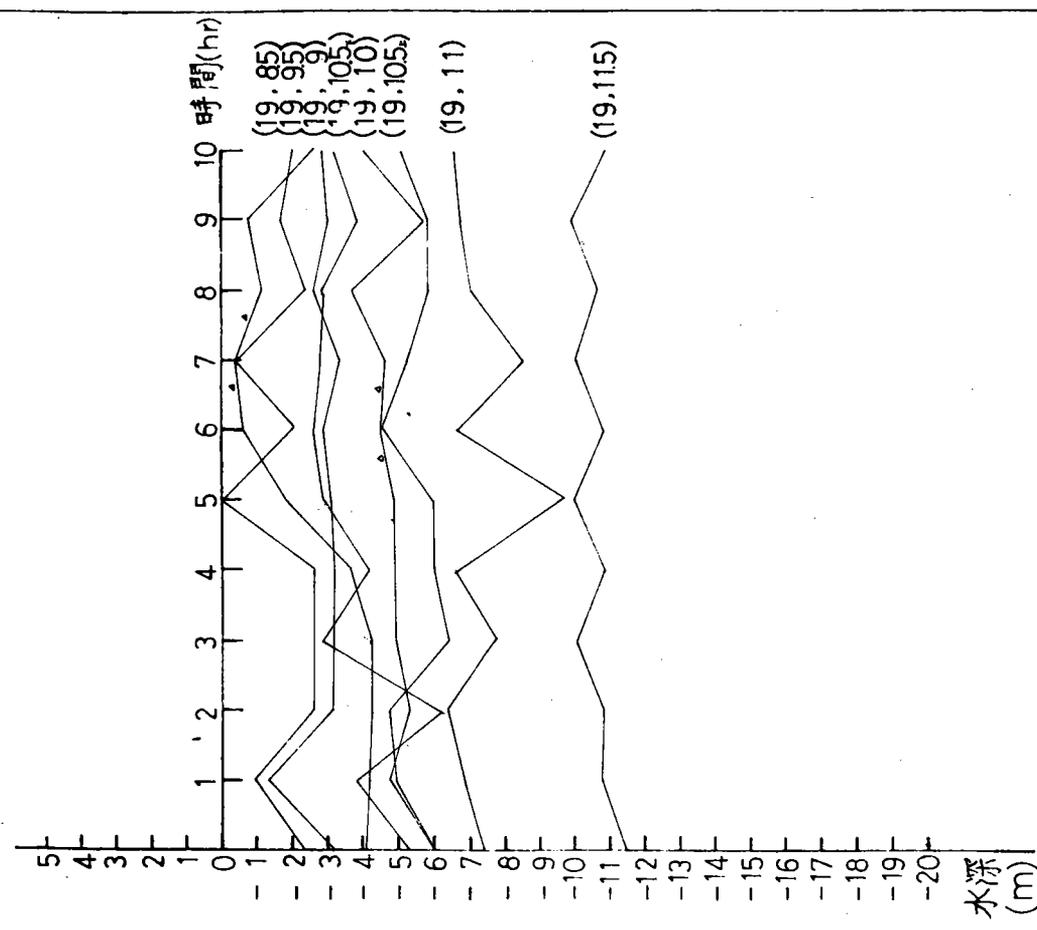


圖 135 主試驗 II，B2 區代表點
水深—時間變化圖

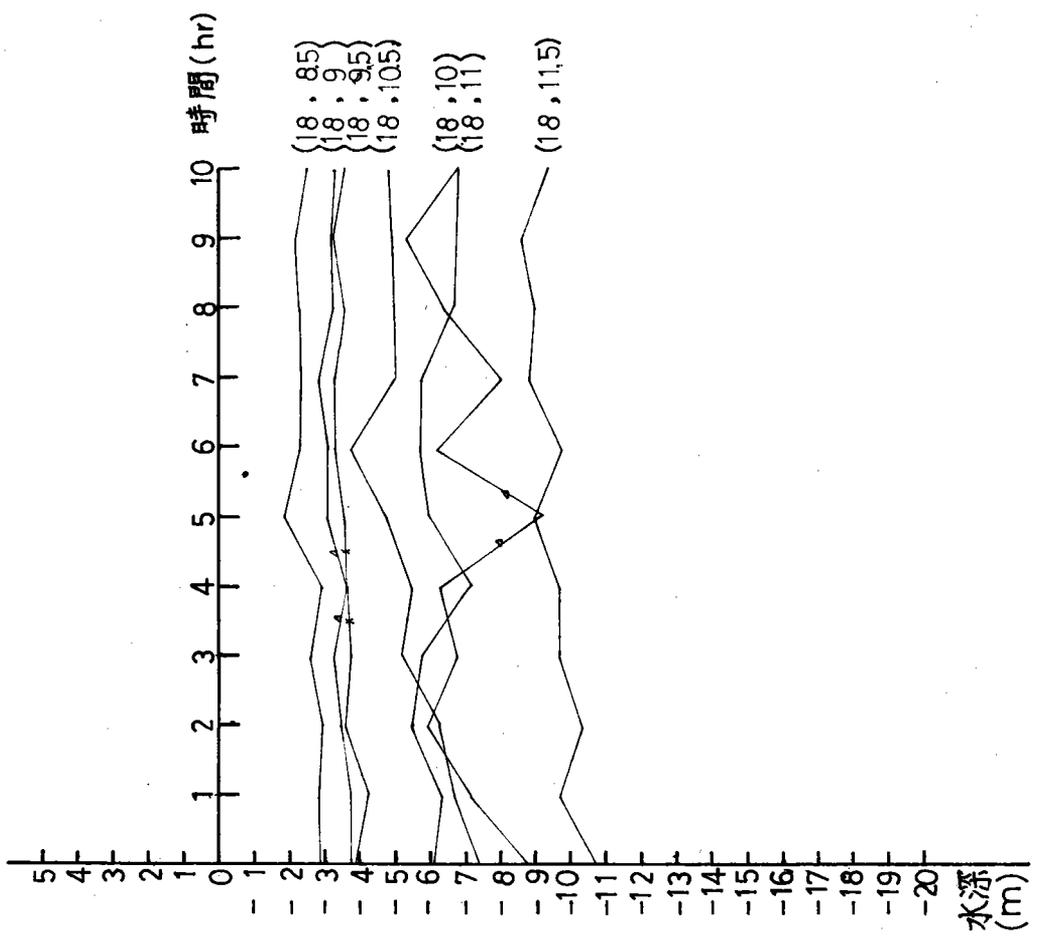


圖 138 主試驗 II，I 區代表點
水深—時間變化圖

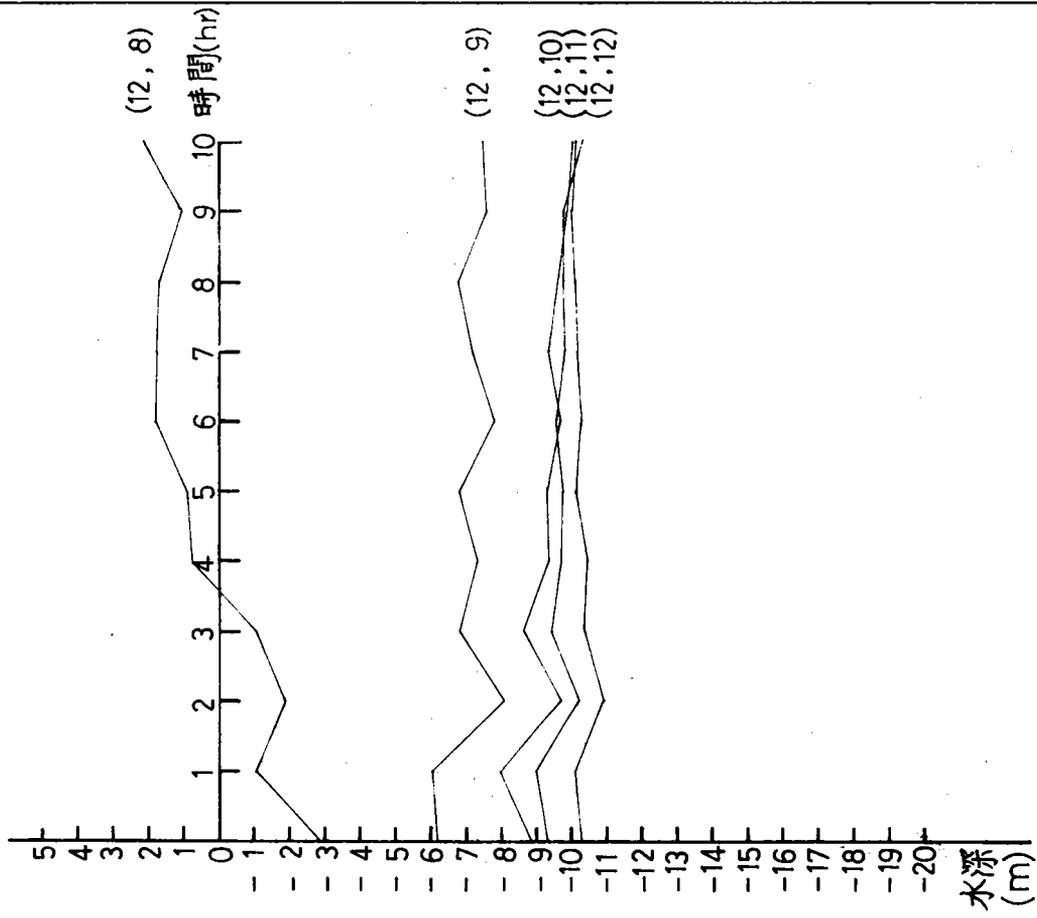


圖 137 主試驗 II，D 區代表點
水深—時間變化圖

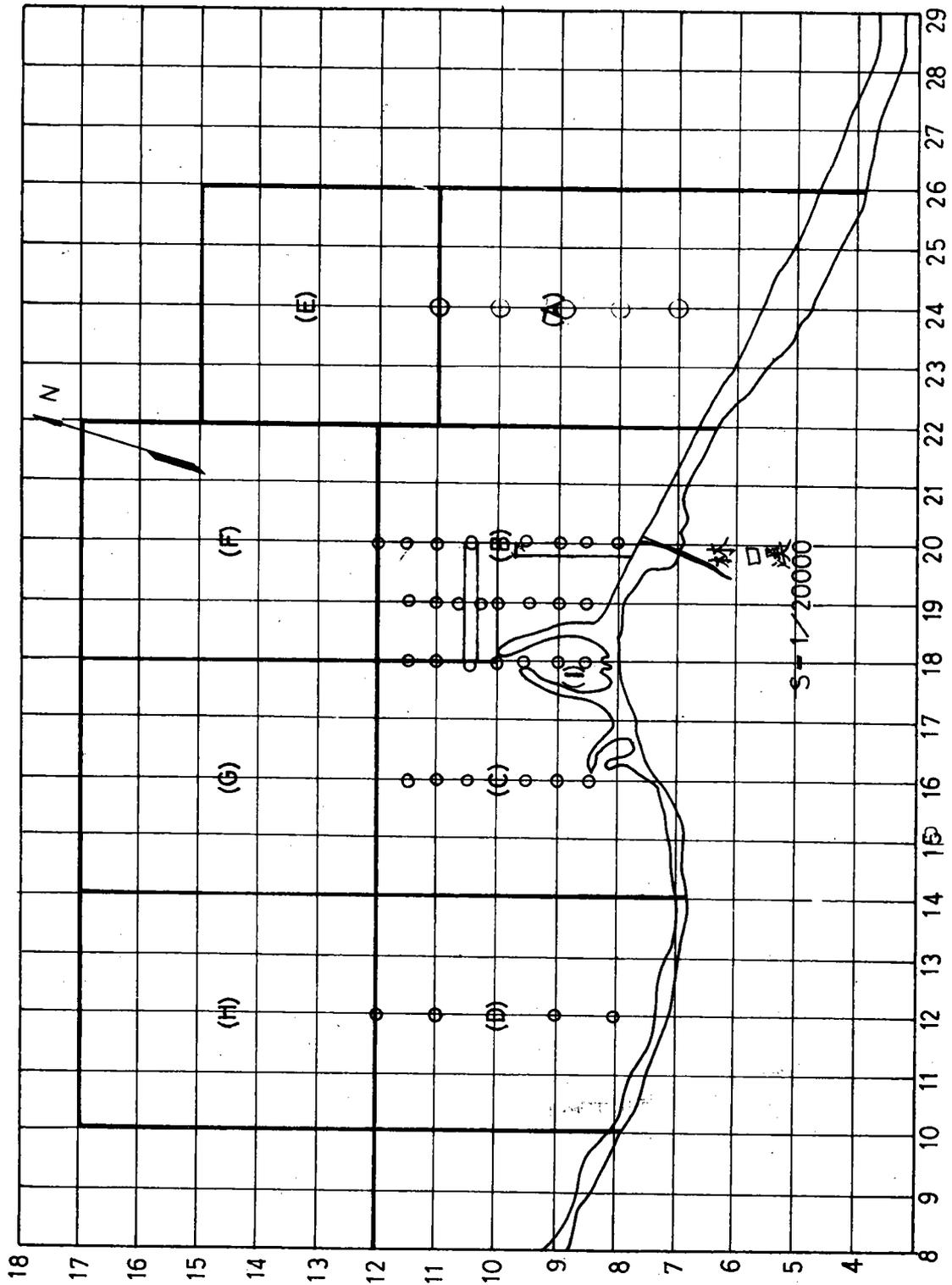
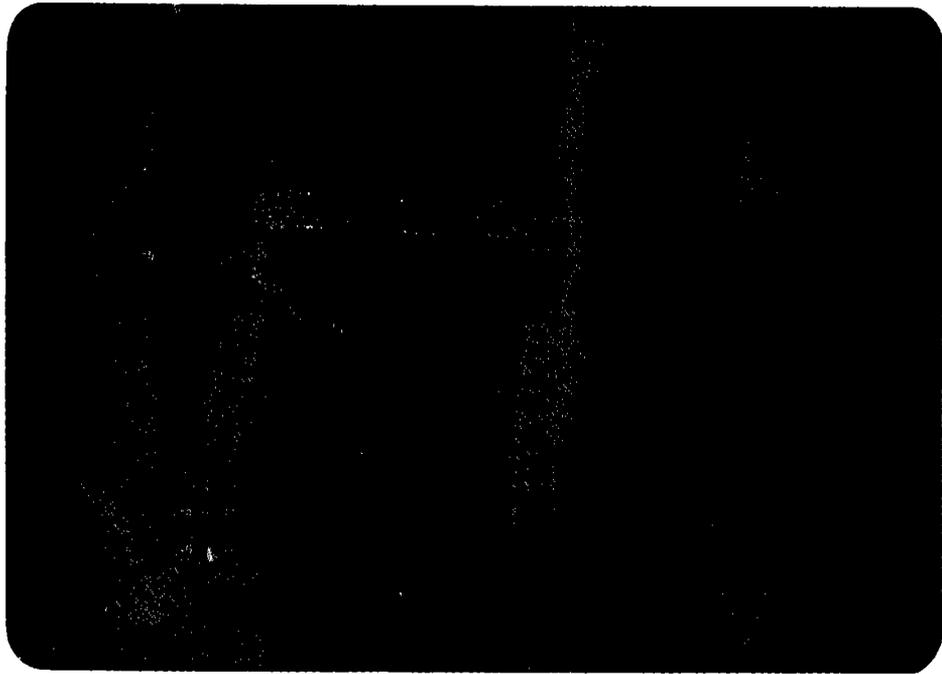
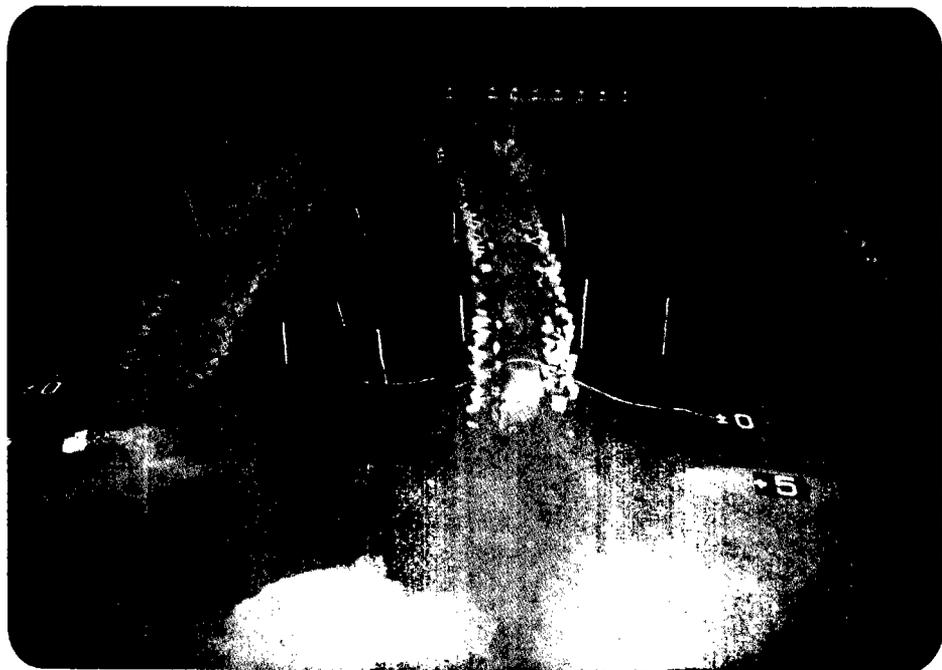


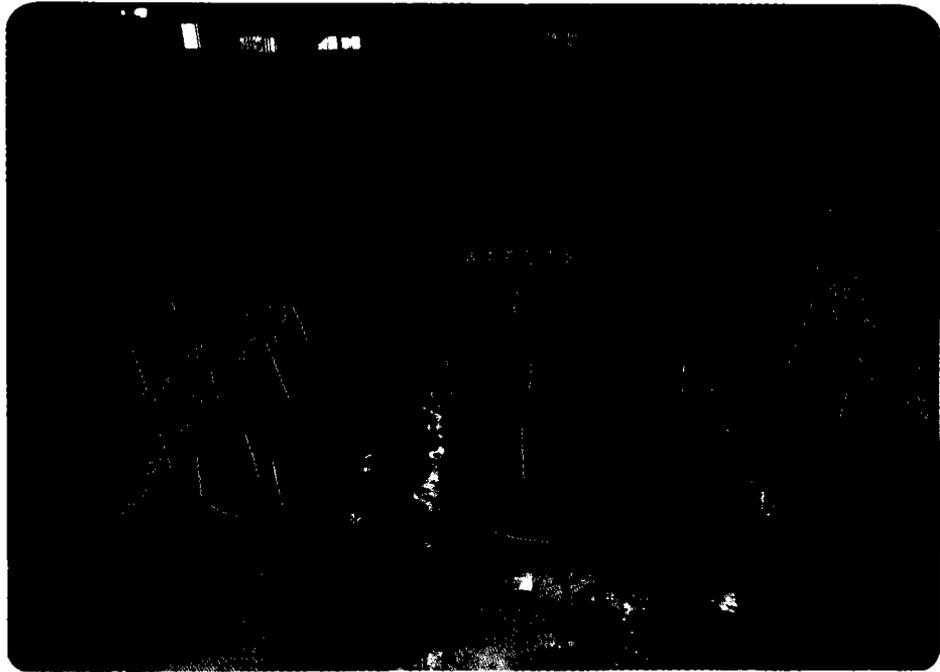
圖 139 主試驗 II，堤防佈置與分區座標圖



照片 19 主試驗Ⅱ，林口電廠進出水口
模型鋪設初期地形



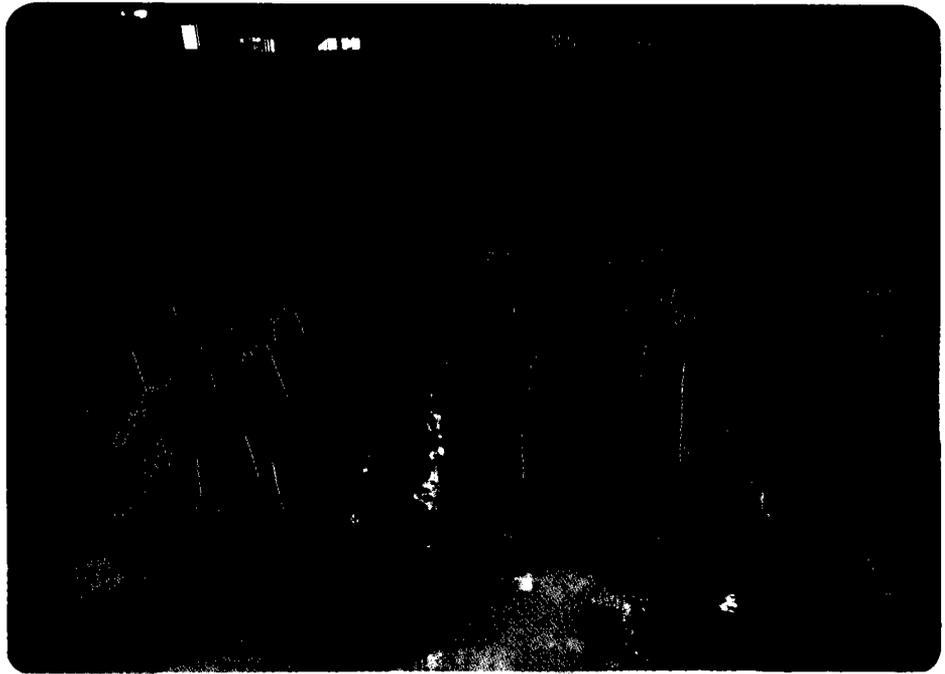
照片 20 主試驗Ⅱ，林口電廠進出水口
模型鋪設初期地形



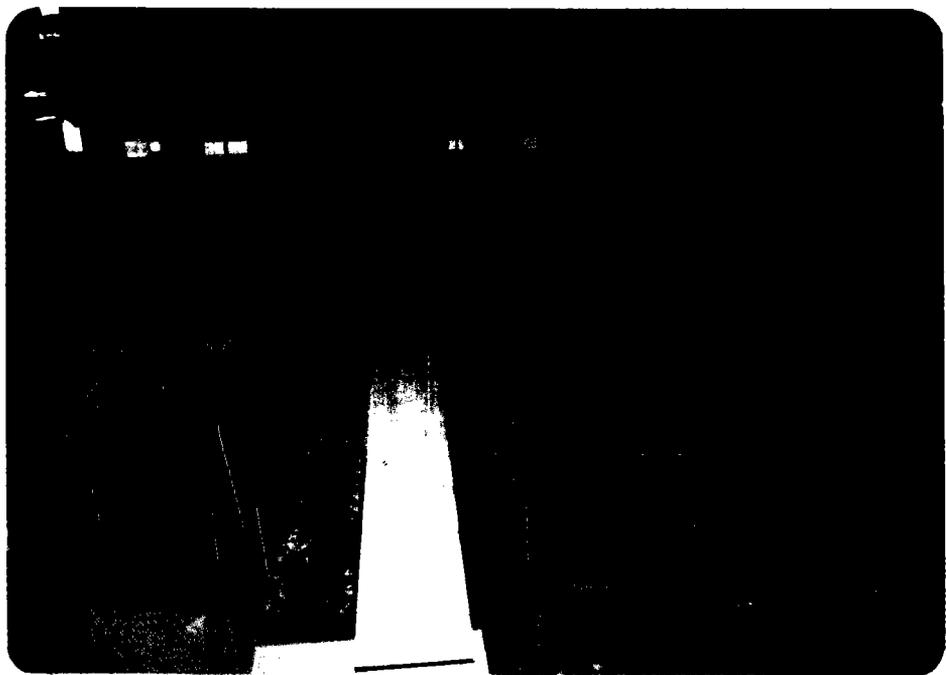
照片 21 主試驗 II，波浪作用 10 小時後，
林口電廠海岸之地形變化



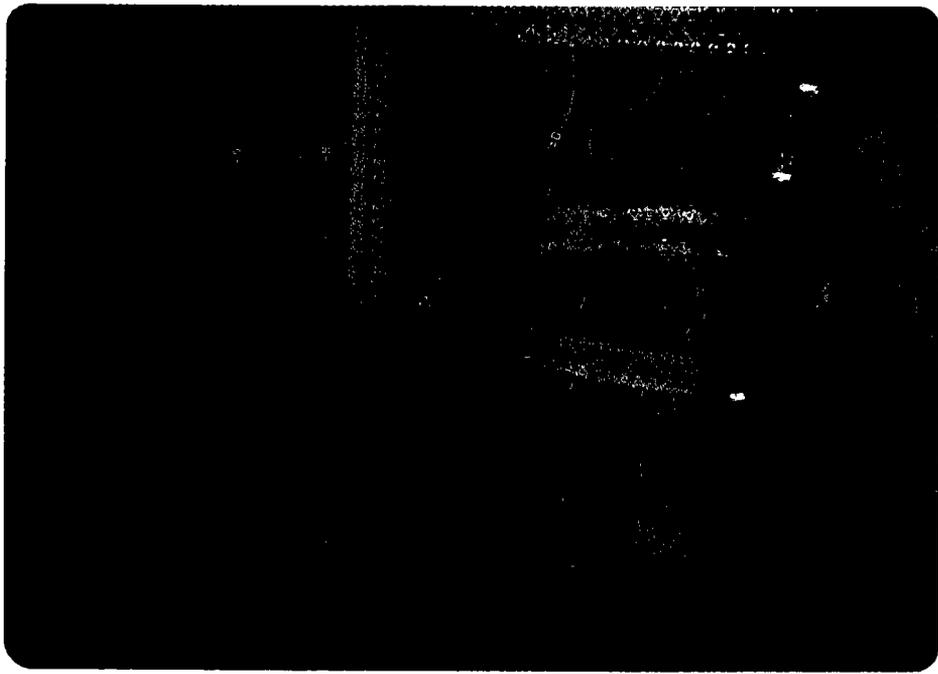
照片 22 主試驗 II，波浪作用 10 小時後，
林口電廠海岸之地形變化



照片 21 主試驗 II，波浪作用 10 小時後，
林口電廠海岸之地形變化



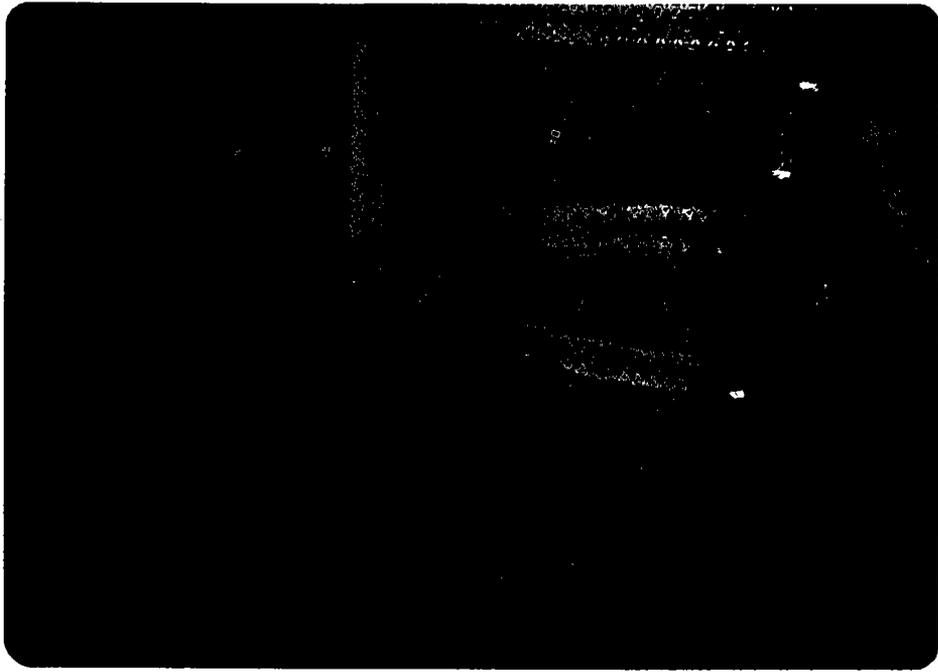
照片 22 主試驗 II，波浪作用 10 小時後，
林口電廠海岸之地形變化



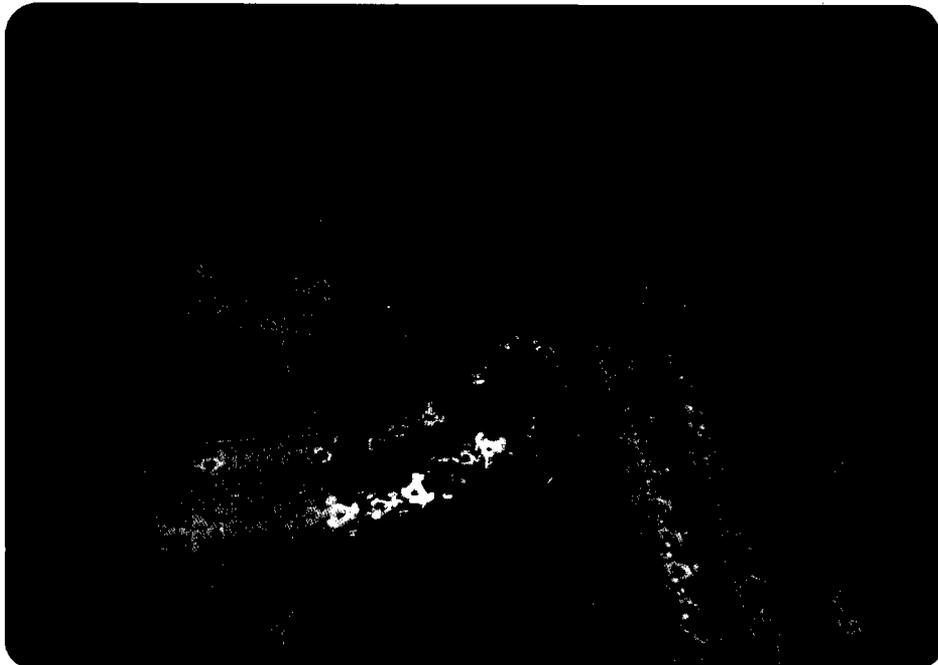
照片 23 主試驗Ⅱ，波浪作用 10 小時後，
林口電廠海岸之地形變化



照片 24 主試驗Ⅱ，波浪作用 10 小時後，
堤防與進水口附近之地形變化



照片 23 主試驗 II，波浪作用 10 小時後，
林口電廠海岸之地形變化



照片 24 主試驗 II，波浪作用 10 小時後，
堤防與進水口附近之地形變化

柒、結論與建議

綜合以上現場調查與三種預備試驗，兩種對策佈置，試驗結果可獲得以下數點結論與建議：

- (一)根據現場調查，林口發電廠附近海岸受冬夏兩季節風影響，而有漂沙向南與北活動情形，雖然有季節性的沖淤現象，但總體而言，其主要漂沙為由東北向西南之沿岸漂沙，其總淤積量平均每年約為 37.5 萬立方公尺。
- (二)主試驗 I 之堤防佈置，由於考慮經濟因素，只延伸至水深 - 6^m 處，雖可攔截上游漂沙，但效果並不理想，因在颱風吹襲本區產生之大浪或強烈冬季季風產生之高波能作用下，漂沙仍會繞過攔沙堤而侵入進水口內，故就工程觀點而言，若能將攔沙堤延伸至水深 - 10^m 處，即堤長延伸為 900 公尺（其佈置如圖 140 所示，即斜線部份長度增長），則非但可遮蔽進水口，達到防浪效果，且可反射入射波，消滅沿岸波能量，使防止漂沙之效果更佳。
- (三)主試驗 II 之堤防佈置，是以右防沙堤阻斷上游沙源，再佈置離岸堤，俾補沙於堤後，形成一儲沙區，以總體區域達到防止漂沙之目的，事實上，由試驗結果，本佈置確能阻截大部份漂沙於右防沙堤與儲沙區之中，其防止漂沙之效果優於主試驗 I 之佈置，但仍有少數漂沙由於入射波在離岸堤在堤頭繞射，而進入進水口，故建議將離岸堤往左移 50 公尺，並以右堤頭為軸，將堤身依順時針方向轉 23°，（其佈置如圖 141 所示）則更能遮蔽進水口，反射入射波，消滅沿岸波能量，則本佈置之防沙，防浪之效果將會更好。
- (四)在林口電廠附近之海岸，由於漂沙有季節性之消長現象，故無論主試驗 I、II 或修正後之佈置 I，II，於設計堤防時，均須考慮漂沙方向變換

後之堤址冲刷情形尋求保固，俾使對策佈置能在堤身安全兼顧下，達到防沙，甚至防波之最大目的。

(五)針對(二)、(三)、(四)本所將繼續進行補充試驗，俾臻佈置改善完美之境。

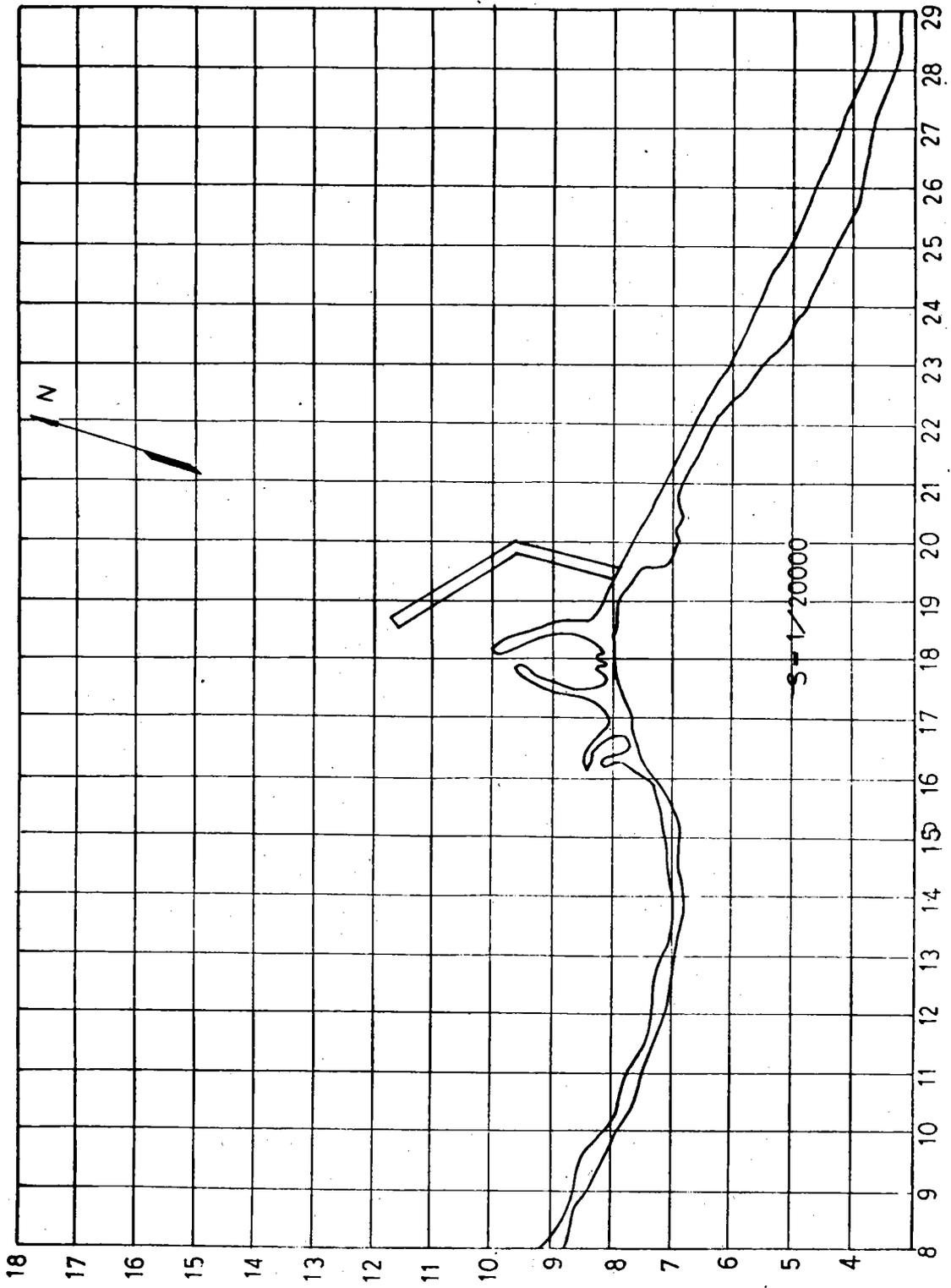


圖 140 主試驗 I，堤防修正後之佈置

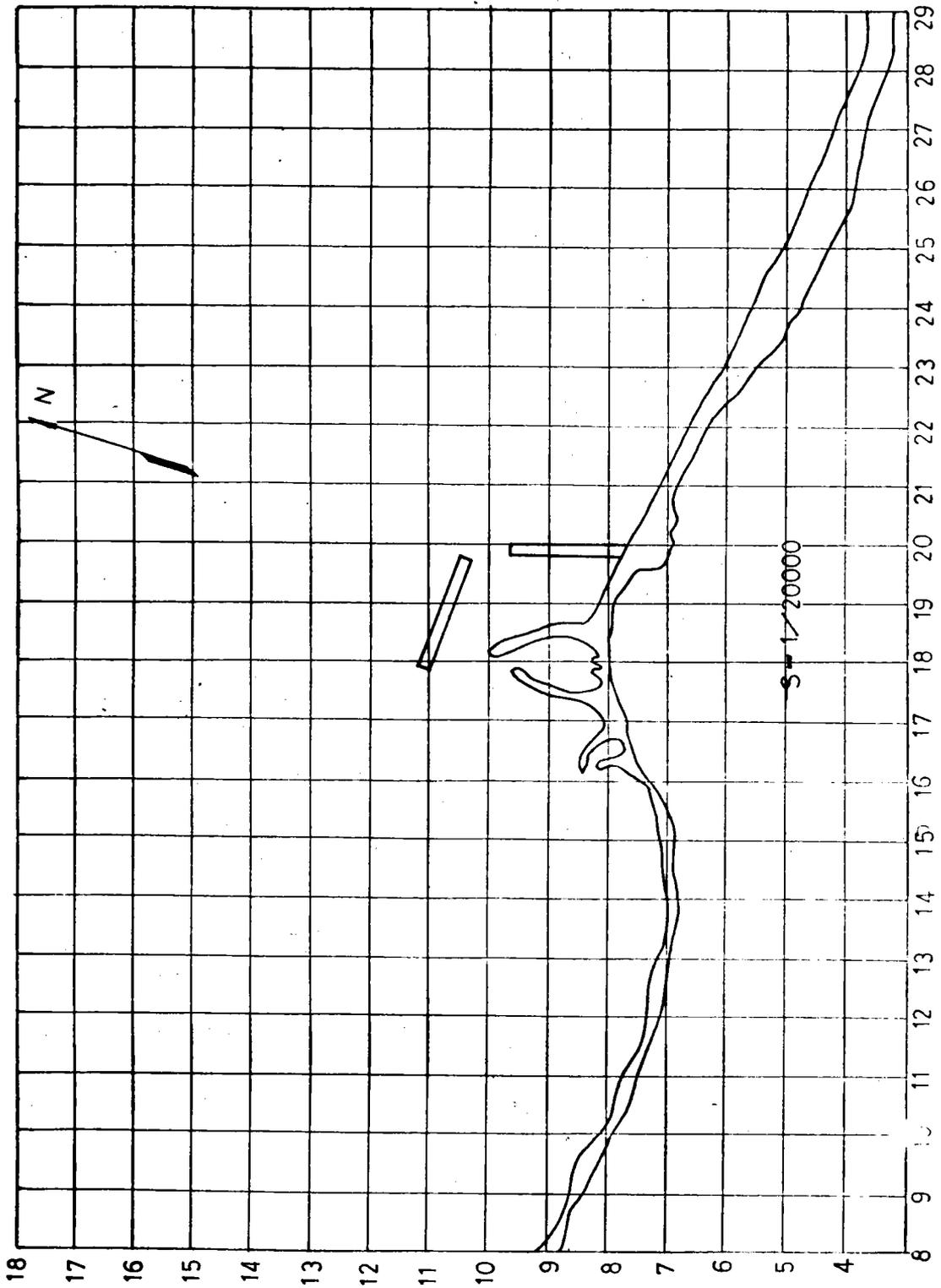


圖 141 主試驗 II，堤防修正後之佈置

附錄

林口發電廠沿海水深測量分析成果

侯和雄 曾哲茂 翁國和

壹、前言：

台電公司委請本所辦理「林口發電廠進出水口淤沙防治與熱擴散對策水工模型試驗暨改善研究計劃」在水工模型試驗前必需先進行沿岸水深測量（颱風季節過後再施測一次）及採砂（即取樣）工作，今將水深測量成果報告如下：

貳、控制點測量：

水深測量前必需先行引測岸邊之控制點，以利水深測量時測是船位，各控制點係根據64年10月所測設之B及TP₃兩點引測（其他之控制點大部份已不存在）該兩點埋有水泥樁為假設座標系統，方位為磁方位。

新設各控制點由於受到地形的限制與已知點所構成之三角形其內角很不理想，各控制點觀測角度及平差後角度，請詳見計算表及施測略圖。

各控制點水平角度使用日製6秒讀經緯儀正倒鏡各施測兩測回，取其平均值，各三角形閉合誤差最大為-38"，最小為-7" 平均為18"，其精度已符合水深測量之需要，各三角形之閉合誤差，採用平均配賦平差之。

參、控制點座標計算：

根據上述各三角形平差後之角度，由已知度B及TP₃，利用前方交會計算出C'點座標，及A'點座標，再由TP₃及C'點計算出R及Q點座標，各點座標計算成果詳如后：

前方交會法之計算公式如下：

$$N_P = N_A + \frac{(N_B - N_A) \cot \theta_1 + (E_B - E_A)}{\cot \theta_1 + \cot \theta_2}$$

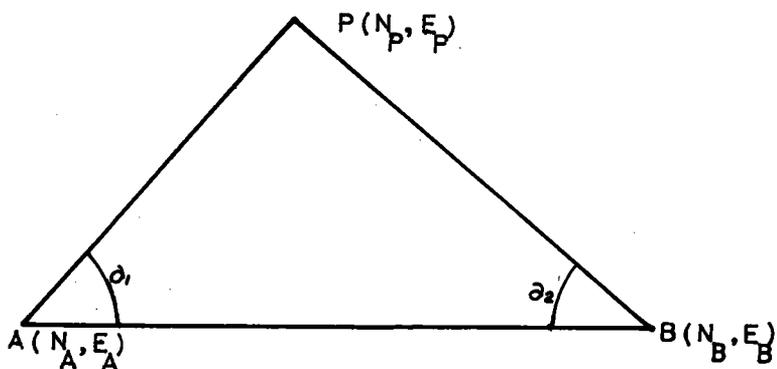
$$E_P = E_A + \frac{(E_B - E_A) \cot \theta_1 - (N_B - N_A)}{\cot \theta_1 + \cot \theta_2}$$

上式中：

N_P, E_P ：未知點之座標

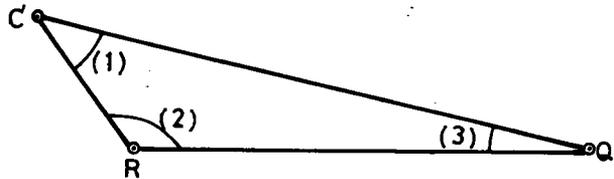
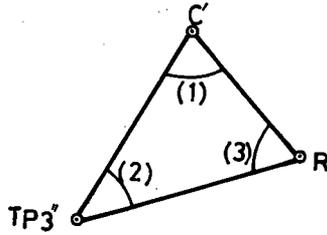
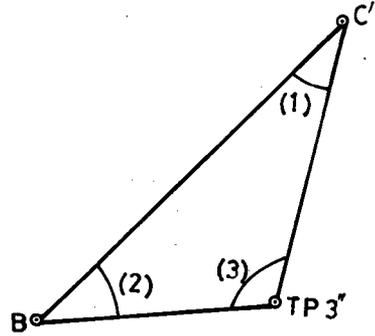
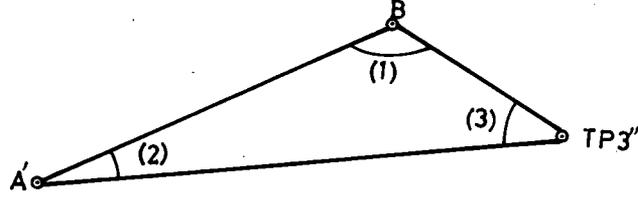
N_A, E_A, N_B, E_B ：已知點A及B之座標

θ_1, θ_2 ：平差後A點及B點之內角值。

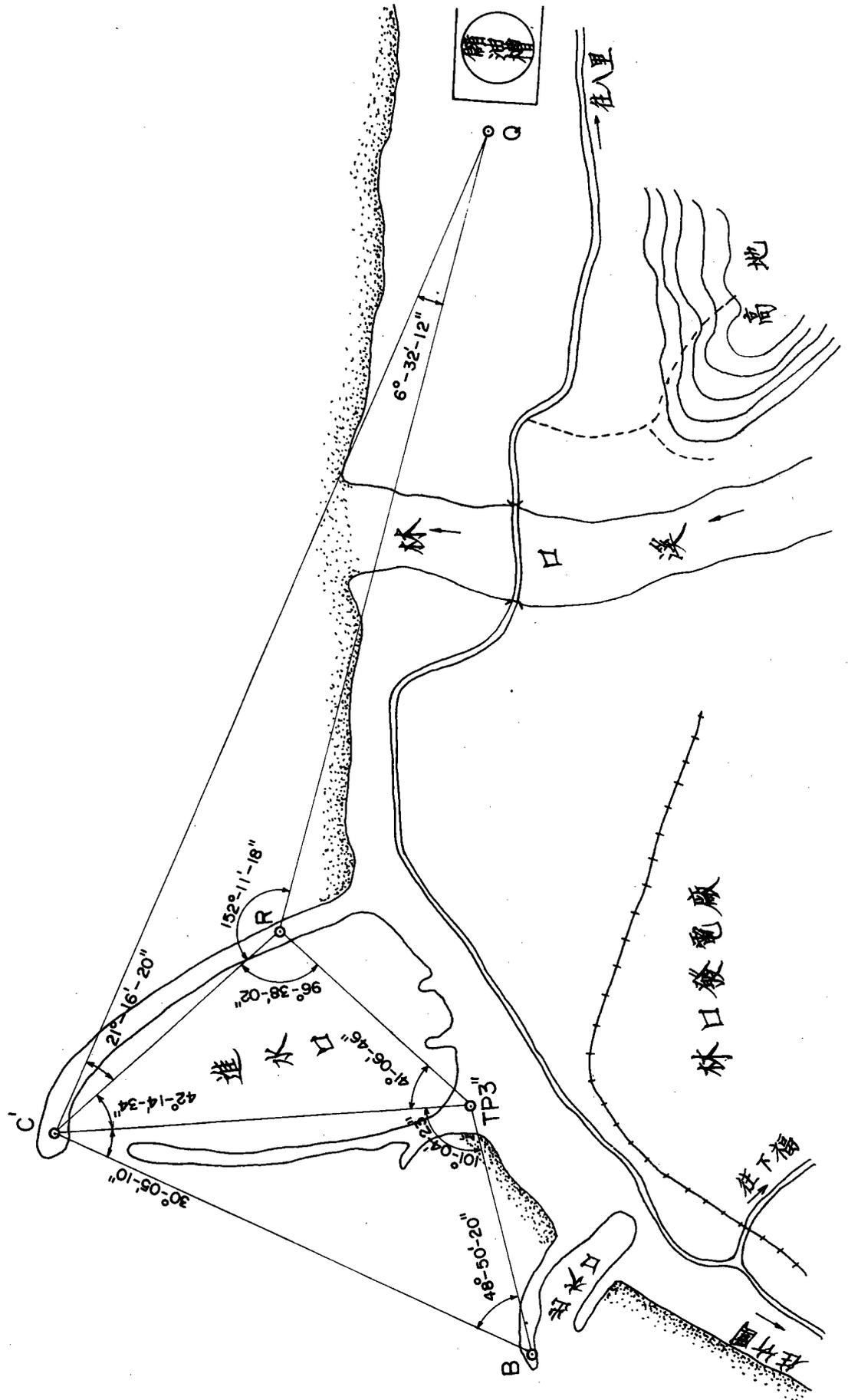


各控制點座標計算成果表

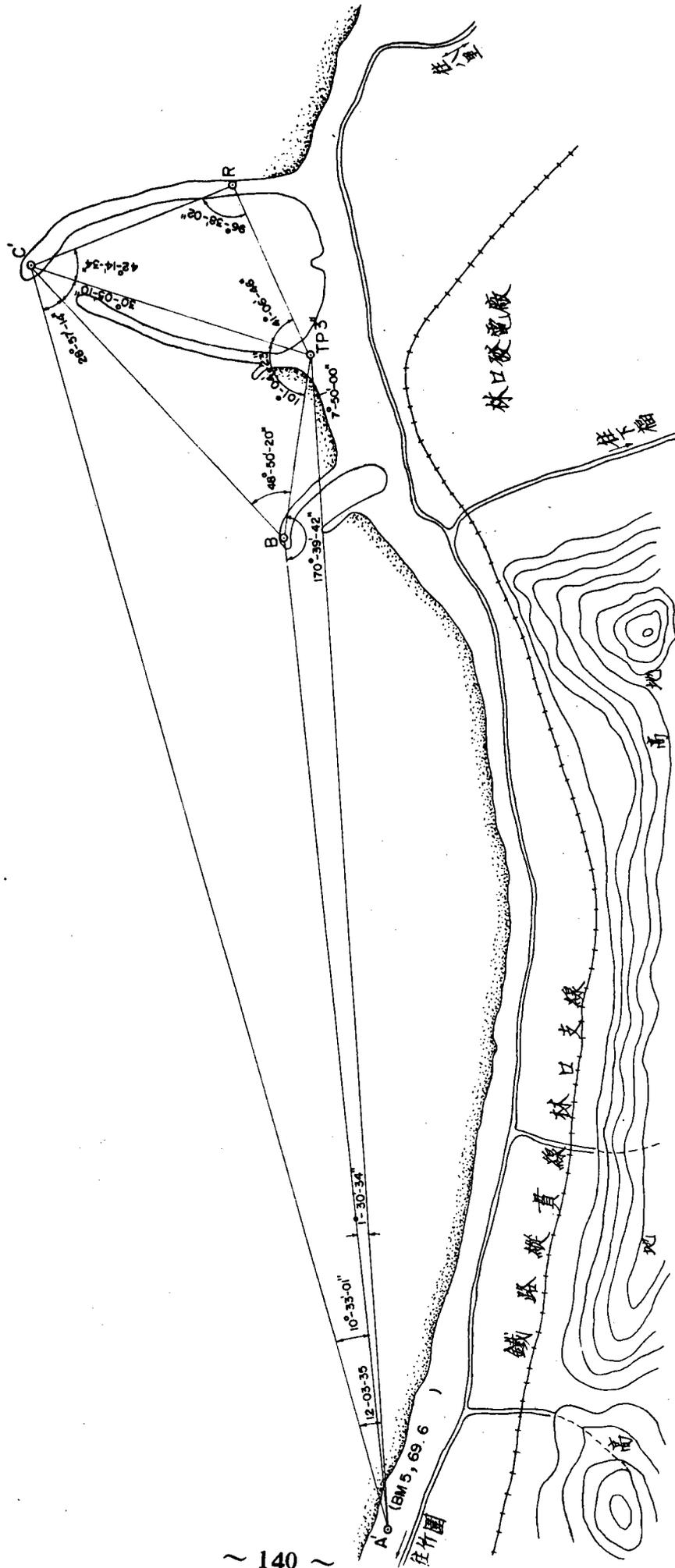
點 號	縱 座 標 N	橫 座 標 E	備 考
A'	1666.074	2955.318	新 設 點
B	2170.26	4135.55	已 知 點
TP ₃ ''	2229.35	4376.27	"
C'	2601.177	4358.618	新 設 點
Q	2194.259	5282.858	"
R	2426.811	4532.767	"

三 角 形 略 圖	觀 測 角 度	平 差 後 角 度
	(1) $21^{\circ}-16'-20''$ (2) $152^{\circ}-11'-18''$ (3) $6^{\circ}-32'-12''$ 和 $179^{\circ}-59'-50''$ 誤差 $-10''$	(1) $21^{\circ}-16'-23''$ (2) $152^{\circ}-11'-22''$ (3) $6^{\circ}-32'-15''$ 和 $180^{\circ}-00'-00''$
	(1) $42^{\circ}-14'-34''$ (2) $41^{\circ}-06'-46''$ (3) $96^{\circ}-38'-02''$ 和 $179^{\circ}-59'-22''$ 誤差 $-38''$	(1) $42^{\circ}-14'-47''$ (2) $41^{\circ}-06'-59''$ (3) $96^{\circ}-38'-14''$ 和 $180^{\circ}-00'-00''$
	(1) $30^{\circ}-05'-10''$ (2) $48^{\circ}-50'-20''$ (3) $101^{\circ}-04'-23''$ 和 $179^{\circ}-59'-53''$ 誤差 $-7''$	(1) $30^{\circ}-05'-12''$ (2) $48^{\circ}-50'-22''$ (3) $101^{\circ}-04'-26''$ 和 $180^{\circ}-00'-00''$
	(1) $170^{\circ}-39'-42''$ (2) $1^{\circ}-30'-34''$ (3) $7^{\circ}-50'-00''$ 和 $180^{\circ}-00'-16''$ 誤差 $+16''$	(1) $170^{\circ}-39'-36''$ (2) $1^{\circ}-30'-29''$ (3) $7^{\circ}-49'-55''$ 和 $180^{\circ}-00'-00''$

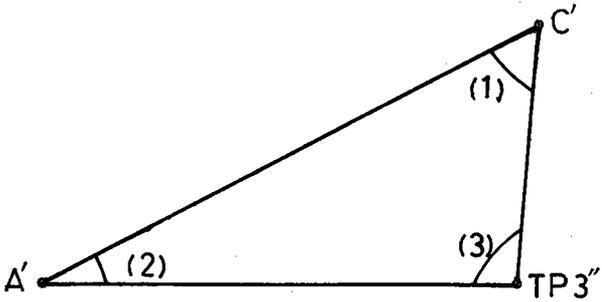
林口電廠沿海水深測量控制點施測略圖(一)



林口電廠沿海水深測量控制點施測略圖(二)



各控制點觀測角度及平差後角度計算表

三 角 形 略 圖	觀 測 角 度	平 差 後 角 度
	(1) 59°-02'-24"	(1) 59°-02'-17"
	(2) 12°-03'-35"	(2) 12°-03'-28"
	(3) 108°-54'-23"	(3) 108°-54'-15"
	和 180°-00'-22"	和 180°-00'-00"
	誤差 22"	

施測說明：

1. 各控制點之水平角度使用日製 6 秒讀經緯儀各施測正倒鏡二測回。
2. 取二測回之平均值做為各點之觀測角度。
3. 由於受地形之限制，新設之控制點 Q，R 及 A' 與已知點所構成之三角形內角較不理想。
4. 各三角形最大閉合誤差為 -38"，最小誤差為 -7'，平均閉合誤差為 18"，其精度已符合水深測量之需要。

肆、水深測量作業：

水深測量作業之範圍由進水口起向東及向西各為兩公里，水深測至
— 20 公尺，茲將水深測量作業分述如下：

1. 先於岸邊擇適當的地點每隔 100 公尺，釘定木樁一支，測區長 4 公里，共釘定 41 支木樁以供船隻航行時，標定方向之用。
2. 進水口以西部份之水深測量船位由 A' 及 C' 點分別架設經緯儀作前方交會，進水口以東部份之水深測量船位由 R 及 Q 點交會之，進出水口內部之水深定位，則分別由 C'，R，TP₃ 及 B 點交會之。
3. 每一測點一分鐘施測一次（船上之旗誌及無線電對講機指揮陸上兩部經緯儀在同一時間內測定船位及施測水深）。
4. 水深使用美製測深儀施測，施測紀錄為連續性，將未繪製水深圖時，可根據地形變化插繪之。
5. 各測點（即船位）由前方交會計算所得之座標，即可點繪在圖上，如各點之間距大於 100 公尺時，即進行補測。
6. 水深測量時，於進水口附近同時觀測潮位並紀錄之，以供測深紀錄計算之用。

伍、測量成果計算及繪圖：

水深測量之計算工作甚多，如各測量控制點觀測角度、平差及座標計算，各測點之座標計算及水深之計算等。由於各測點之資料甚多，使用電腦計算可得精確迅速之效果。

各測點之座標算妥後，即可將點位點繪至方格座標圖上，並加註水深，同時繪出等深線。

本次水深測量作業在本所工作同仁通力合作下，順利完成。

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) 「沿岸漂沙與波浪之關係」 海洋學院，河海工程研究所碩士論文。
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. 張金機、黃清和 (1982) 「屏東大鵬灣漂沙模型試驗研究報告」，交通處港灣技術研究所專刊第三號。
11. 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專刊第七號。
12. 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。