

委託機關：台灣省交通處台中港務局

計劃名稱：台中港漂沙檢核代辦試驗

金額：新台幣陸拾玖萬元

時間：自中華民國七十年五月一日

起至七十年十月三十一日止

計劃主持人：研究員 張 金 機

協同主持人：副研究員 黃 清 和

助理：江 金 德

技 工：梅 海 潮 . 胡 泰 龍

陳 正 義 . 蔡 金 吉

張 富 東 . 曾 文 傑

臨 工：林 潮 圳 . 楊 水 龍

委託機關：台灣省交通處台中港務局

計劃名稱：台中港漂沙檢核代辦試驗

金額：新台幣陸拾玖萬元

時間：自中華民國七十年五月一日
起至七十年十月三十一日止

計劃主持人：研究員 張 金 機

協同主持人：副研究員 黃 清 和

助理：江 金 德

技工：梅 海 潮 ． 胡 泰 龍

陳 正 義 ． 蔡 金 吉

張 富 東 ． 曾 文 傑

臨工：林 潮 圳 ． 楊 水 龍

一、前言

台中港位於台灣西海岸中部，為一人工港，該海岸為平緩沙灘組成，冬季受長期東北季風影響，夏秋兩季則受颱風侵襲，漂沙活動甚為活躍。民國五十八年十二月一日於台中港建港籌備處成立時，除建立觀測設施從事範圍較廣之自然資料調查與觀測工作之外，並建造模型試驗室，就以往調查所得資料進行慎密之模型試驗，以釐訂防浪防沙效果俱佳之外廓堤防佈置，於民國六十二年十二月完成之。台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究“獲得定案佈置，並於民國六十八年完成全部外廓堤防工程。爾後中國石油公司考慮以台中港作為液化天然氣（LNG）轉運站，台中港務局因應將來LNG特種船舶進港問題，特於民國六十九年四月，即開始從事LNG碼頭港口規劃，進行改善佈置遮蔽試驗，並委託荷蘭船模試驗室進行有系統之模擬船隻入港操作試驗，獲得二種較佳之港口改善佈置。惟台中港外廓堤防佈置之研究，除應保持港內水域穩靜及船隻進出港口方便外，並應能夠有效的防止漂沙侵入港口。針對漂沙問題，台中港務局於七十年五月一日委託本所辦理台中港漂沙檢核模型試驗。謹將試驗條件模型製作試驗經過及結果敘述如後。

摘 要

民國69年4月台中港務局爲因應中國石油公司考慮以台中港作爲液化天然氣(LNG)轉運站及配合未來該LNG特種船舶進港問題，辦理LNG碼頭港口規劃並進行一連串改善佈置遮蔽試驗，同時委託荷蘭船模試驗室進行有系統之模擬船隻入港操作試驗獲致二種較佳之港口改善佈置(佈置B與佈置C)。惟外廓堤防佈置除應保持港內水域穩靜及船隻進出港口安全、方便外並應能够有效防止漂沙侵入港口，故針對漂沙問題，台中港務局於70年5月委託本所辦理漂沙檢核模型試驗，探討 $N15^{\circ}E$ 及 N 向二種波浪何者較能重現原形漂沙情況，試驗結果顯示以 N 向波浪較能代表該港區整體波浪情況，對防沙效果言建議採用佈置B，但若考慮LNG船舶進港問題時佈置C亦可採用。

二、試驗內容

(一) 以往試驗概述：

台中港務局六十二年十二月完成“台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究”先後提出三種修訂佈置試驗，如圖一其中包含(一)修訂佈置試驗Ⅰ(防波堤佈置 Va . 五十九年地形)(二)修訂佈置試驗Ⅱ(佈置 Vb . 六十年地形，防沙堤堤頭水深 $-3m$)(三)修訂佈置試驗Ⅲ(佈置 Va . 五十九年地形，防沙堤堤頭水深 $-3m$ ，防沙堤、防波堤間等深線自 $\pm 0m$ 至 $-6m$ 加以浚挖接近 30. 年地形，防沙堤延長 $300m$) 所示，因時間關係僅完成波向 $N 15^\circ E$ 試驗，綜合該修訂佈置試驗結果，結論如後：

1. 修訂佈置試驗Ⅱ, Ⅲ與其他試驗不同之處在於未試驗至最終階段即行停止。
2. 由試驗結果與以往各佈置試驗結果比較；修訂佈置Ⅱ及佈置Ⅲ最佳，若台中港計劃在經濟許可下，應選修訂佈置Ⅱ。
3. 修訂佈置Ⅱ與修訂佈置Ⅲ之優點為漂沙達一定值時，所需時間較長。
4. 修訂佈置Ⅱ及Ⅲ之特性為大量土砂堆積在測定區以外。

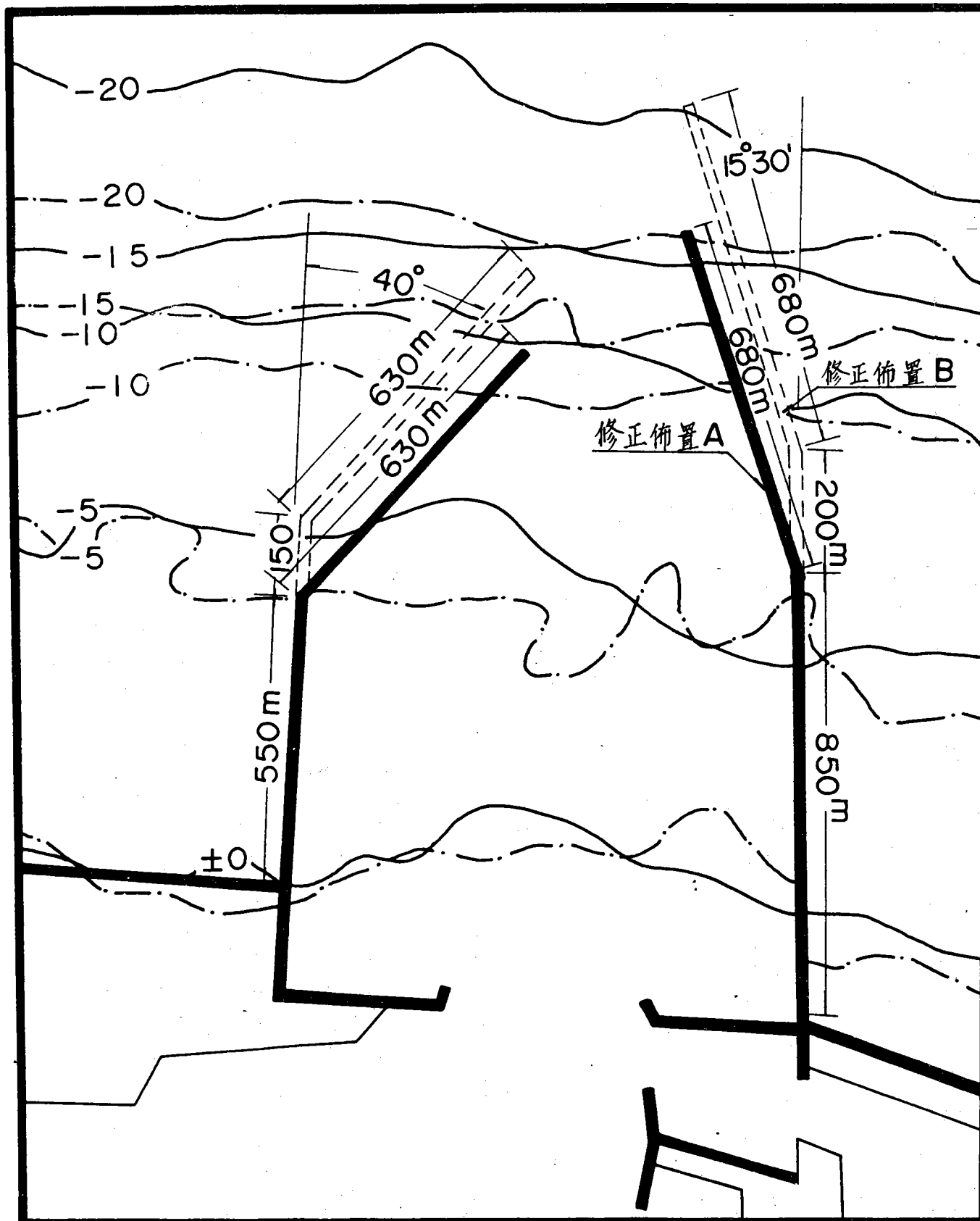
根據修訂佈置試驗Ⅱ試驗結果，全區土砂堆積率達到一定值之漂沙量為 $115 \times 10^4 m^3/hr$ 如圖二，防波堤附近堆積土量變化圖，惟台中港務局鑑於該數值與大甲溪輸沙量比較略嫌偏小，故建議本漂沙檢定試驗首先應就原修訂佈置試驗Ⅱ佈置改波向為 N 向，再進行漂沙試驗以決定 LNG 碼頭規劃港口佈置漂沙試驗之波浪主方向究竟採波向 $N 15^\circ E$ 或 N 為宜。

(二) 本次漂沙檢核試驗內容：

本代辦漂沙檢核試驗包括下述三個主要項目：

(1) 佈置 A 試驗(採 60. 年水深地形為初期地形)

佈置 A 為原台中港外廓堤防佈置漂沙試驗佈置Ⅰ與佈置Ⅱ之折衷，為使作用於北防波堤斜線部份之反射波，能有效作用於北防波堤北側海灘，就佈置Ⅲ縮小斜線部份與直線部份之交角，並為提高北防波堤以北區域之貯沙能量延長北防波堤直線部份，南防波堤則配合北防波堤作適當之變更，為攔阻北來漂沙於北防波堤 $2400m$ 處設置防沙堤。初期地形乃採用 60. 年水深地形，便於與原修訂佈置試驗Ⅱ比較，波浪條件則改用 N 向波浪，波高為 $5m$ ，週期 $12 Sec$ 。



圖一 修正試驗防波堤佈置 NO. Va 及 NO. Vb

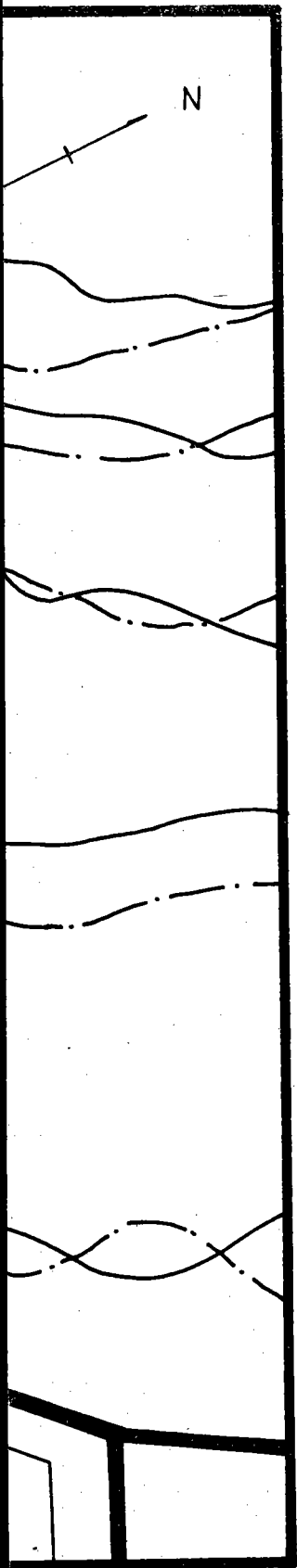
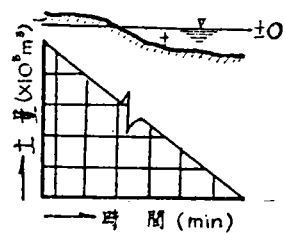
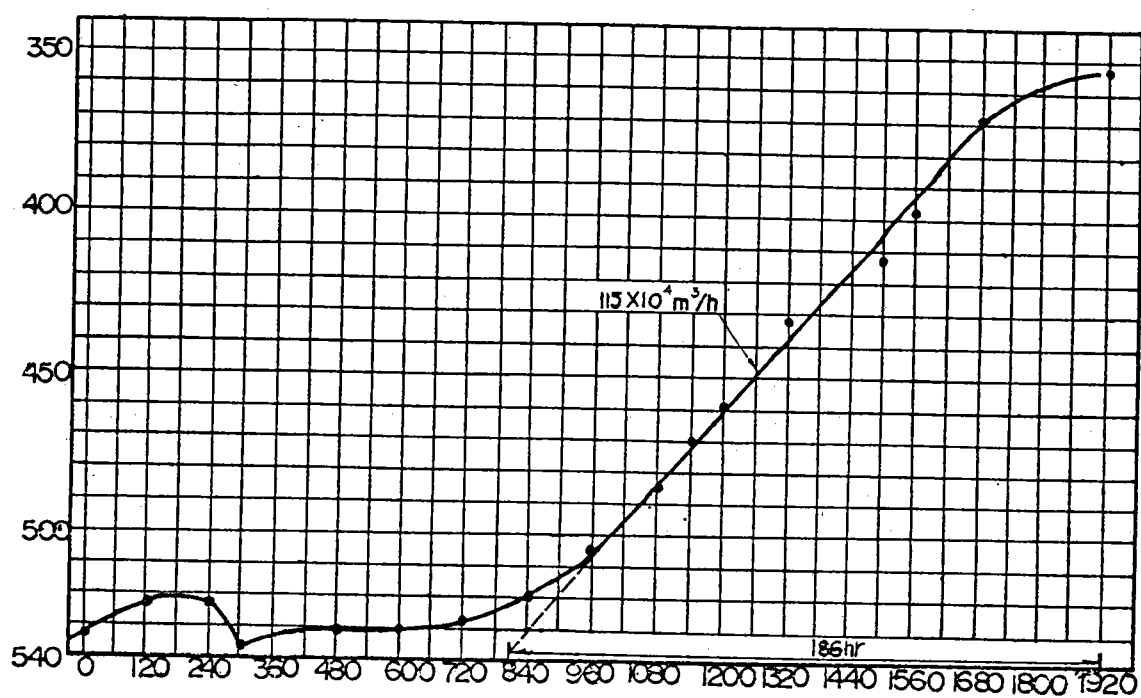


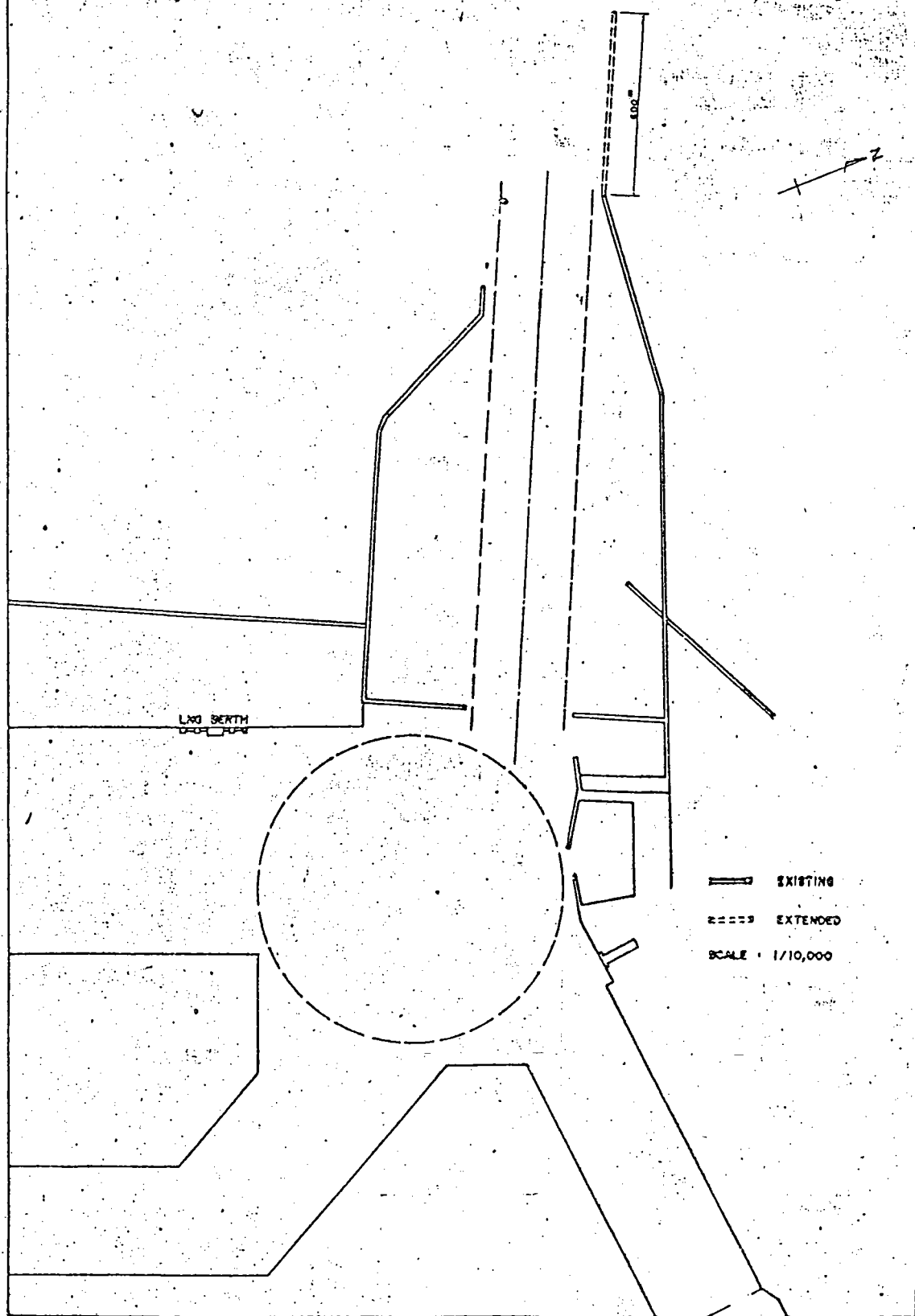
Fig. 1. Geological cross-section of the study area.



波浪作用時間: 1920 min
 波高: 5 m
 波期: 12 Sec
 波向: N15E
 潮位: 潮位平均潮

圖二 防波堤附近堆積土量變化圖(修訂佈置試驗II)

AMENDED LAYOUT



圖三 佈置試驗田的界址圖

(2) 佈置 *B* 試驗 (採 68 年水深地形為初期地形)

佈置 *B* 採用台中港現有外廓堤防佈置，僅北防波堤自堤頭處沿航道方向直線延長 600 *m*。 *L N G* 碼頭設置於港內，初期地形採用 68 年水深圖，如圖三所示，試驗波向及模型加砂量決定於前述佈置試驗 *A* 與原台中港外廓堤防佈置於 $N15^{\circ}E$ 向波浪作用下之試驗結果比較，採其漂沙量較接近實測值者，波高與週期仍採用相同值分別為 5 *m* 與 12 *Sec*。

(3) 佈置 *C* 試驗 (採 68 年水深地形為初期地形)

佈置 *C* 外廓堤防佈置，如圖四所示，北防波堤沿堤線方向斜線延長 600 公尺，現有南防波堤全部拆除並向南平移 750 公尺。
L N G 碼頭規劃設置於港外，同時南海堤亦向海側平移 500 公尺，初期地形仍採 68 年地形，波浪條件及加砂量均採與佈置 *B* 試驗相同條件以資比較。

 EXISTING
 REMOVED
 ARMENDED
 SCALE: 1/10,000

圖四 佈置試驗C之廓堤防佈置圖

三、試驗設備

(一) 大型試驗水池：長 60 公尺、寬 43 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製造波浪。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輪距獲得，造波機安裝在弧形鐵軌上藉齒輪可以變換位置製造各種方向之波浪。

2 環流系統：

試驗池兩端各設進水及排水槽各一道，寬 42 公分、深 2 公尺與室外蓄水池間設有管路及控制水閥。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 處管制模型內海流之方向並藉給水量之多寡控制流速。

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閥之壓力，使控水閥作週期性啟動，控制進出試驗池水量，試驗水池水位作連續正弦變化以模擬潮汐現象。

4 導波板在造波板兩端沿波浪方向排置，引導波浪至一定方向，以避免能量擴散。

(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 2200 公噸，四週裝置鐵絲網，池之南端鑿深井兩口深 120 公尺，並設置抽水機抽取地下水供試驗用。

(三) 測定儀器：

1 容量型波高儀 (*Capacitance Type Wave Meter*) 為試驗用波高測定儀器，係將水面起伏變化，先經一對白金線感受器轉變為電阻變化藉惠氏登電橋換成電流，復藉增幅器予以放大後變成電壓，由記錄儀記錄波浪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，採用方格網方法以計算模型漂沙量。

四、試驗條件

試驗地形：除佈置 A 依民國 60 年水深圖製作外。佈置 B、佈置 C 則依民國 68 年水深圖製作，並採用下列試驗條件。

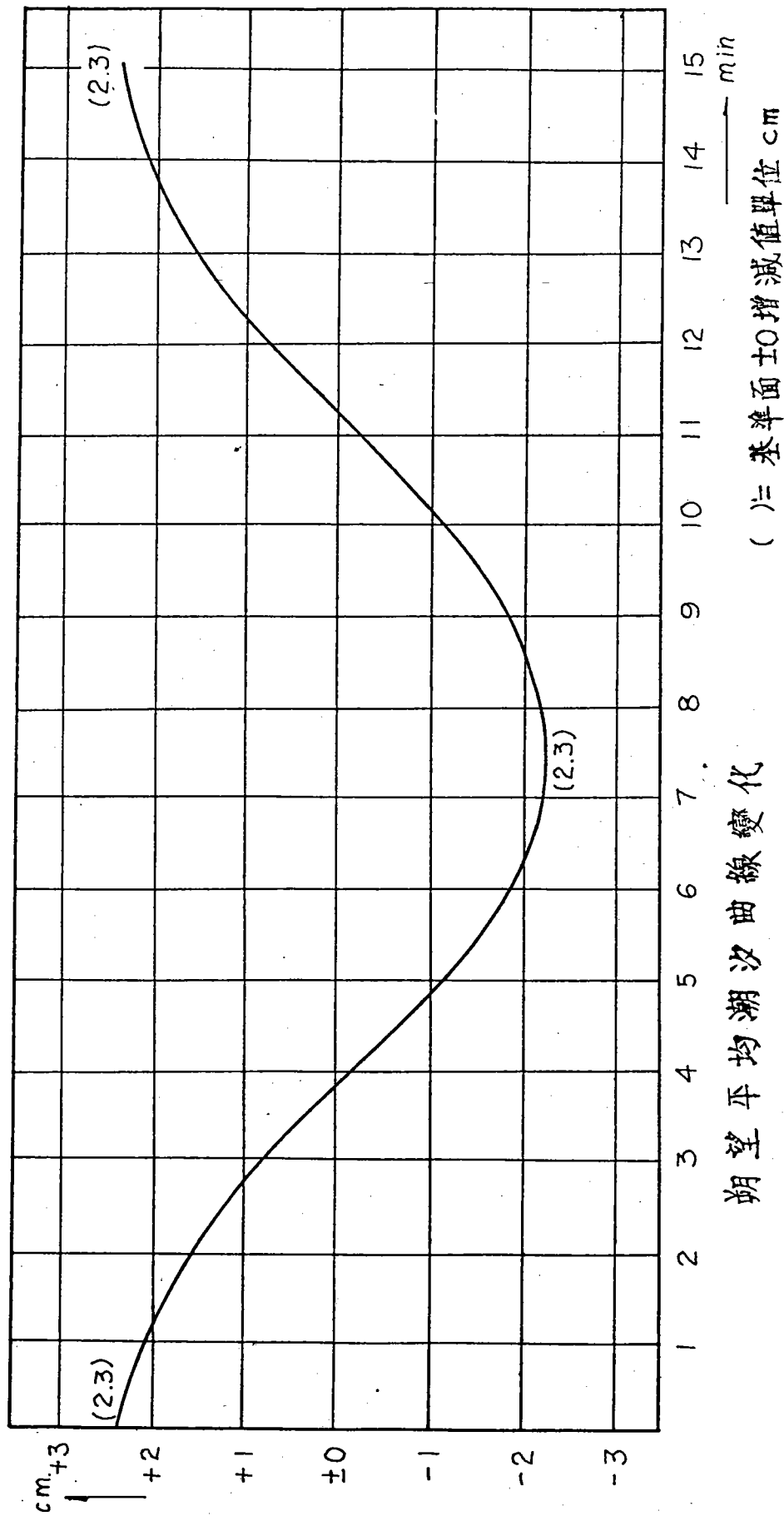
波 浪：波向 N ，波高 $H = 5m$ ，週期 $T = 12sec$ 。

潮 汐：朔望平均潮汐 ($H.W.L + 5m$. $L.W.L + 0.4m$)
正弦曲線，如圖五所示。

港區地形及港內佈置：各種佈置之防波堤，堤高為北防波堤 + $10.5m$ 南防海堤 + $7.5m$ ，南北海堤 + $15m$ ，北防沙堤堤頂 + $7.5m$ 。

加 沙 量：由大甲溪南岸投入，最初 30 分鐘每分鐘 8 公升，其後為每分鐘 4 公升。

加沙地點：模型座標為 $X = 10m$ ， $Y = 8 \sim 9m$ 處。



朔望平均潮汐曲線變化

圖五 試驗使用之各潮汐水位變化圖

五、模型縮尺及模型製作

(一) 模型縮尺

1. 線性縮尺：水平縮尺為 $1/500$ 垂直縮尺為 $1/100$ 。
2. 波浪縮尺：波高縮尺應與垂直縮尺相同 $1/100$ 故 $H_m = 5\text{ cm}$
模型上波高為平均水位時，在防波堤外水深 -25 cm 附近之測定值。模型上試驗波浪週期因欲求得折射現象之相似性，故應為垂直縮尺之平方根

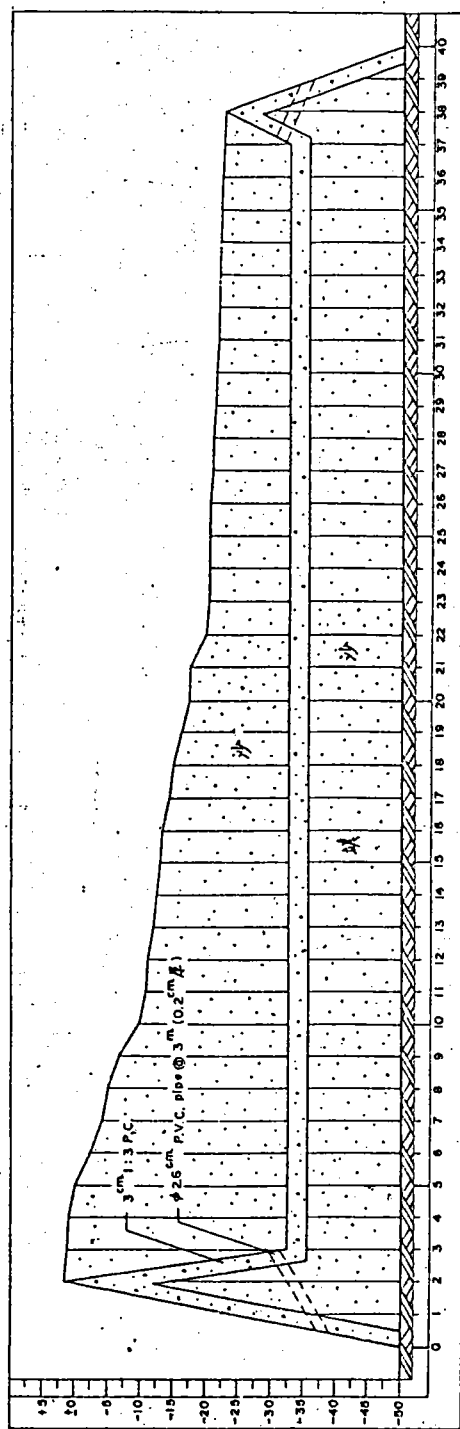
$$\text{即 } T_m = 12\text{ sec} \times \sqrt{\frac{1}{100}} = 1.2\text{ sec}$$

3. 潮汐之時間縮尺：應為水平縮尺 $\sqrt{\text{垂直縮尺}}$ ，故

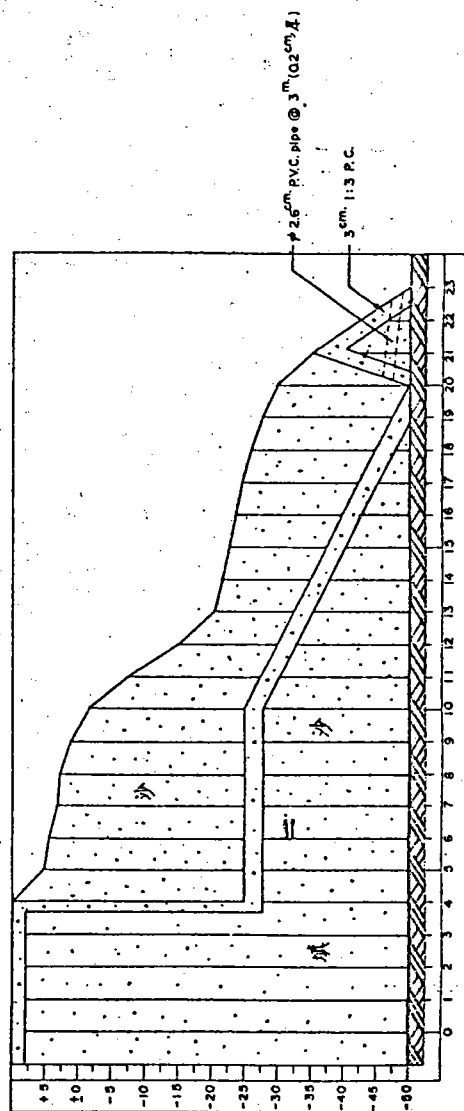
$$(T_{\text{Tide}})_m = 12\text{ 小時 } 30\text{ 分} \times \sqrt{\frac{\frac{1}{100}}{\frac{1}{500}}} = 15\text{ 分}$$

(二) 模型製作

1. 範圍：自大甲溪北岸起至大肚溪南岸止全長約 15 公里，模型製作至水深 -25 m 處。
2. 模型製作：
 - (1) 方格座標控制點：在平面水池底面，繪出一公尺見方方格網。
 - (2) 斷面製作：佈置 A、佈置 B 及佈置 C 分別依 60 年與 68 年所施測之台中港附近海域水深圖，每隔 500 公尺繪製一斷面，依等深線分佈計算模型上方格點之水深製成模型斷面表，以利鋪設模型。
 - (3) 斷面放點及測定高程：在每一方格點上插入鋁條一支，並固定之以水準儀在其上標定海底地形高程。
 - (4) 鋪設模型大樣：將砂填於模型中，約在應有高程下 20 公分其斷面如圖六所示，然後於沙面上澆製約 5 公分厚之水泥沙漿表面。
 - (5) 底質鋪設：在砂模大樣上，鋪設台中港外廓堤防附近土砂，並用水準儀在固定鋁條上標定高程，再將土砂鋪至所需高度後注水使壓密再將水排放，將高程再次整鋪。本試驗所用之底質海砂比重為 $S = 2.69$ 。



B-B 断面图



A-A 断面图

图六 模型图作图面图

SCALE
水平 1/100
垂直 1/5

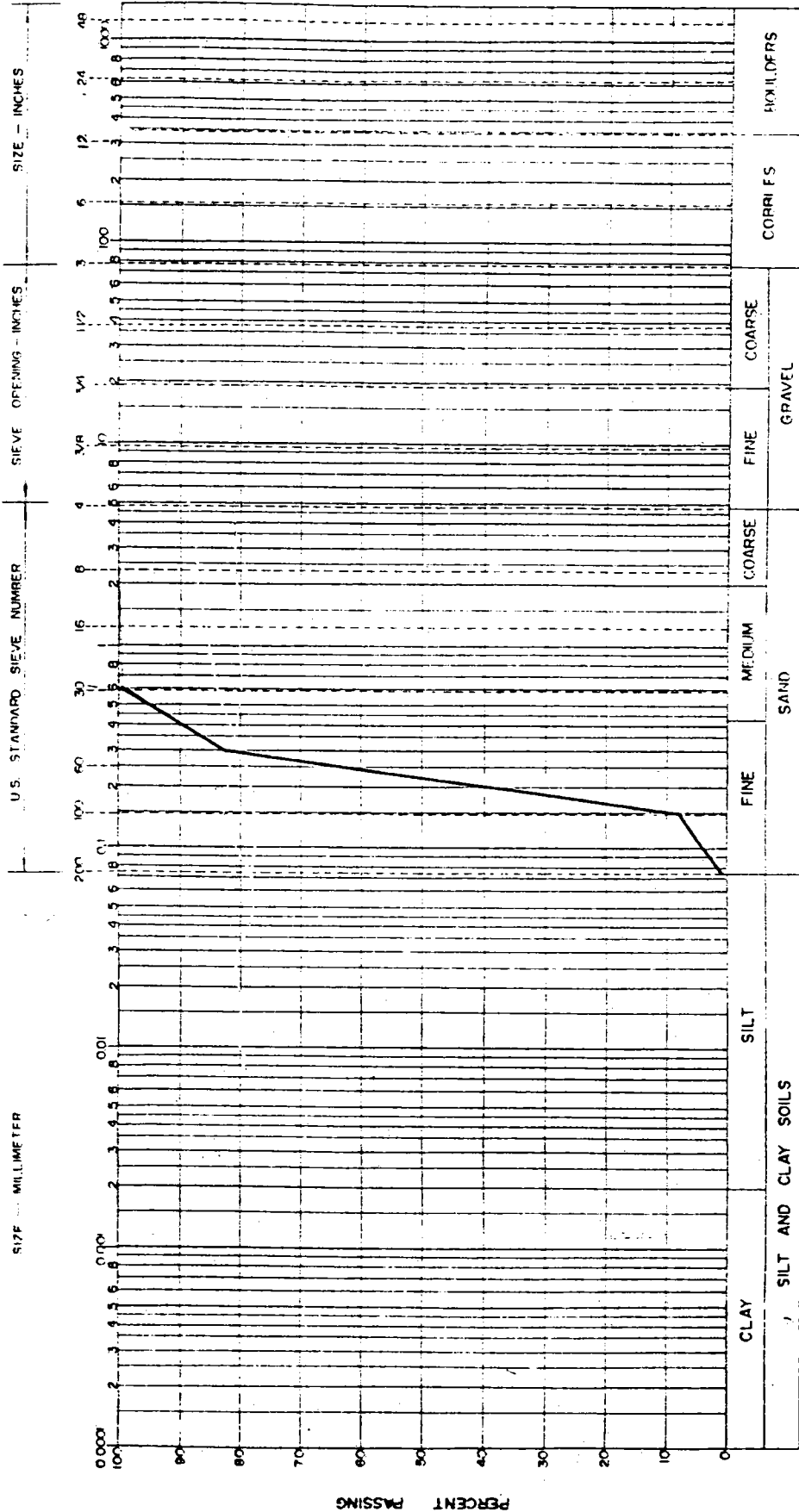
平均粒徑 $D_{50} = 0.22\text{mm}$ 如圖七粒徑分佈曲線圖。

(6)防波堤及海堤製作：根據台中港外廓堤防平面佈置圖，使用已澆製之 $5\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 1\text{ m}$ 之混凝土塊，置放於模型中，堤基部份排放卵石以模擬護基。

3. 模型校正

模型經方格點高程控制鋪設完成後抽水達試驗高水位，然後依次放水至各種等深線高程，依照模型製造設計圖水深線鋪放白色棉毛線，校核模型上水深線再與設計圖水深線對照，如不一致則修正模型地形使二者一致以此方法逐條修正等深線至原型水位 - 25m 處。

GRAIN SIZE ANALYSIS



六、利用現場資料決定漂沙移動時間縮尺

設海岸平行方向為 x 軸垂直方向為 y 軸，坐標 (x, y) 點之水深為 h ，單位時間、單位寬 x 及 y 方向漂沙量分別為 Q_x 及 Q_y 有關漂沙之連續方程式為：

$$\frac{\partial h}{\partial t'} = \frac{1}{(1-\varepsilon)} \left(\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} \right) \dots\dots\dots (1)$$

此處 ε 為底質之空隙率，為使模型與實地力學相似性能成立假定

$\varepsilon_m = \varepsilon_p$ (m, p 分別表示模型與實地) 則

$$\frac{h_m/h_p}{t'_m/t'_p} = \frac{Q_{xm}/Q_{xp}}{X_m/X_p} = \frac{Q_{ym}/Q_{yp}}{Y_m/Y_p} \dots\dots\dots (2)$$

設模型垂直縮尺與水平縮尺之比值為 k ，水平縮尺為 l_m/l_p 垂直縮尺為 $k \frac{l_m}{l_p}$ 則由(2)式之第 1.2 項得。

$$t'_m/t'_p = \frac{h_m/h_p}{Q_{xm}/Q_{xp}} \frac{X_m/X_p}{1}$$

但 $h_m/h_p = k l_m/l_p$ ， $X_m/X_p = l_m/l_p$

$$\text{得} \quad t'_m/t'_p = \frac{k(l_m/l_p)^2}{Q_{xm}/Q_{xp}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{或} \quad 1 = \frac{k(l_m/l_p)^2 Q_{xp} t'_p}{Q_{xm} t'_m} \dots\dots\dots (4)$$

(3)(4) 式中 t'_m/t'_p 即底質移動之時間縮尺，由(3)式可知模型水平及垂直縮尺之值可選定，關於漂沙量之縮尺 Q_{xm}/Q_{xp} 則是未知數，因此 t'_m/t'_p 在數學上至今尚不能獲得理論解。利用漂沙預備試驗，使現場調查所獲得漂沙量在模型上重現在模型上印證原型各種現象是目前處理此項問題可靠途徑之一，如果原型資料能在模型上正確的重現，則利用預備試驗所得 Q_{xm}/Q_{xp} 反求漂沙移動時間縮尺 t'_m/t'_p 。

(1) 式針對現地海岸一段區域，作為決定時間縮尺設此區域寬度為 L_p ，單位時間內通過該區域之漂沙量為 $L_p Q_{xp}$ 模型上漂沙量應為 $L_m Q_{xm}$ 此測定區域內，堆積量為漂沙量之 n 倍。

由此區域流出量為漂沙量之 $(1-n)$ 倍(4)式可改寫為：

$$1 = \frac{k(l_m/l_p)^2 Q_{xp} t'_p}{Q_{xm} t'_m} \times \frac{n L_p L_m}{n L_m L_p}$$

$$\therefore L_m/L_p = l_m/l_p$$

$$\therefore 1 = \frac{k (l_m/l_p)^3 n L_p Q_{xp} t'_p}{n L_m Q_{xm} t'_m} \dots \dots \dots (5)$$

(5) 式中 $k (l_m/l_p)$ 由模型線性縮尺決定， $n L_p Q_{xp} t'_p$ 為現地測定區在 t'_p 期間內之土量變化，可由現地調查資料獲得若在模型上適當選定波浪條件加沙量潮汐變化及模型底質可以重現原型資料，則其在 t'_m 時間內之堆積量可以獲得。即測定區域內單位時間之土沙量 $n L_m Q_{xm}$ 變化值可得，則底質移動時間縮尺 t'_m/t'_p 可求得。

依照台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究報告第 6-4-2 節所述，以預備試驗Ⅶ最能將防波堤興建當時之海底地形變化於模型中重現，因之本試驗以該試驗結果計算漂沙移動之時間縮尺。由現場資料得知台中港防波堤興建期間，北防波堤北側土砂堆積量全年為 120 萬立方公尺，而由預備試驗Ⅶ試驗結果同區域每小時之土砂堆積量依模型縮尺換算為原型後，為 150 萬立方公尺。

依(3)式得 $\frac{Q_{xm}}{k (l_m/l_p)^2} = 150 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$Q_{xp} = 120 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$$

$$\therefore t'_m/t'_p = \frac{120 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}}{150 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{hr}} = \frac{120}{150 \times 24 \times 365} = \frac{1}{10950}$$

模型上作用一分鐘等同現地 10950 分鐘，亦即現地一年相當於模型上時間為 $365 \times 24 \times 60 / 10950 = 48$ 分鐘。

為易於明瞭起見，茲以下述方法計算實地測定區全年之漂沙堆積量 $120 \times 10^6 \text{ m}^3$ 在模型中測定區每小時漂沙堆積量相當於原型 $150 \times 10^6 \text{ m}^3$ 模型中堆積量相當原型 $120 \times 10^6 \text{ m}^3$ 所需要時間為 $60 \text{ 分} \times \frac{120}{150} = 48 \text{ 分鐘}$ 即實地一年，相當於模型 48 分鐘，換言之由於底質移動產生海底地形變化，實地需時一年在模型中使地形重現需 48 分鐘，惟按此時間縮尺將試驗中投入大甲溪南岸之土砂換算為實地土沙量，試驗中每分鐘投入土砂量為 4 公升，48 分鐘相當實地之土砂量為：

$$0.004 \times 500^2 \times 100 = 10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$10 \times 10^4 \times 48 = 480 \times 10^4 \text{ m}^3$$

假定土沙在水中沈積，體積為空氣中土沙體積之 85 % 則漂沙量扣除沈積空隙後，應為 $410 \times 10^4 \text{ m}^3$ 即使實地地形於模型中重現，沿岸漂沙量包括大甲溪排沙量，全年應為 $410 \times 10^4 \text{ m}^3$ 此數量較日本調查團報告及中華顧問工程司評估計數值 $200 \times 10^4 \text{ m}^3$ 偏高甚多幾為實

地漂沙量之兩倍，換言之模型 48 分鐘並非實地一年而相當於兩年，因此台中港外廓堤防佈置之模型試驗報告中，亦將時間縮尺由 48 分鐘改為 24 分鐘。

七、試驗波浪率定與試驗方法

(一)試驗波浪之率定

於模型鋪設完成後，將造波機分別調動到水池之北端使其與 N 波向一致，造波機位置設定後依所需之試驗波浪調整變速機，使其週期等於模型波浪週期 $T_m = 1.2 \text{ sec}$ ，其次調整偏心距，讓造波板鼓出之波浪波高等於試驗波高 $H_m = 5 \text{ cm}$ 同時為避免波浪能量之發散，將導波板依波向線排列於造波板。

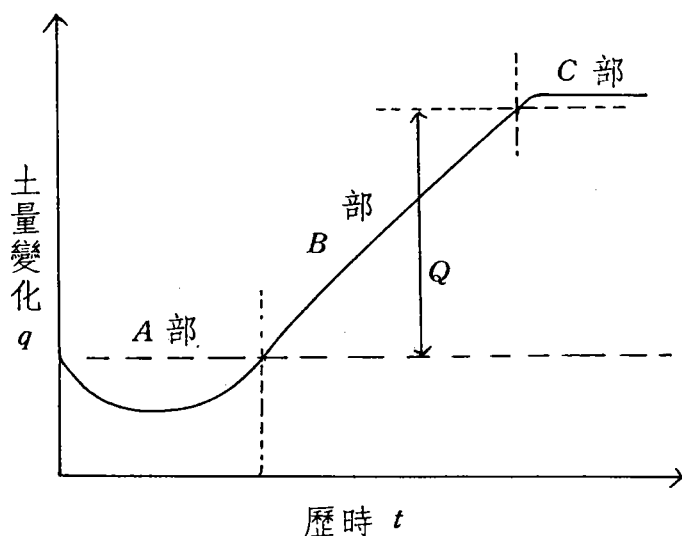
將容量型波高計 (*Capacitance type wave gage*) 之感受器 (*Transducers*) 置於模型水深 -25 cm ，距造波板三至五個波長處利用電腦資料處理系統，將波高儀控制箱輸出之電壓改接於類比—數據轉變器 (*Analog-Digital Converter*) 利用類比／數據轉變器量取電壓數據值，儲存於電腦記憶體內以電腦分析計算，最後經由列表機 (*Line Printer*) 輸出計算結果以求得試驗波高與週期，同時為慎重起見並於試驗現場用尺讀取試驗波高加以比較二者數值。

(二)試驗方法

以上準備工作完成後，即進行全區地形測量。用以計算初期地形土沙量，然後開動造波機及自動潮汐控制儀，波向為 N 開始試驗前 30 分鐘以每分鐘 8 公升加砂速率，試驗 30 分鐘後以每分鐘 4 公升速率加沙於大甲溪口南岸，模型座標為 $x = 10 \text{ m}$ $y = 8 \sim 10 \text{ m}$ 處作為漂沙來源。造波時間除佈置 A 為配合以前 $N15^\circ E$ 波向，採用 1 小時及 2 小時不等連續造波供比較外，佈置 B 、佈置 C 均採用 2 個小時連續造波，造波停止後即著手地形變化測量。利用方格網計算方法分別求出防波堤附近主要區域漂沙堆積量，利用相同試驗步驟，直到港口全部為漂沙阻塞為止。

八、漂沙堆積一般形式

測定區全區土沙量增加之一般形式，如圖八所示，試驗開始後某一時間內有顯著冲刷現象成曲線變化，如圖中A部，以後按一定比率直線增加，如圖中之B部份達某一時間後增加之速率漸減如圖中C部所示，最後土砂堆積量不再繼續增加而與歷時軸相平行。



圖八：漂沙堆積一般形式圖

茲就各部份與漂沙現象之關係分述如下：

(一) A 部

試驗開始時土砂量減少或冲刷現象其原因為：

1. 模型海灘於波浪開始作用時發生若干地形變化，以資適應漸漸達到平衡狀況為止，此種由試驗波浪作用所獲致之平衡地形與實地地形很難一致，兩者間之差異於研判試驗結果時似須扣除。
2. 防波堤等構造物與波浪相互作用使漂沙移出測定區範圍，亦即沿構造物附近之冲刷或崩潰現象與構造物之佈置形狀及附近地形有關。
3. 防波堤反射波所產生之水流，阻止漂沙侵入測定區中效應與構造物佈置及結構形式有關。

(二) B 部

防波堤攔截之漂沙，淤積於防波堤附近淤積速率（即圖中曲線之坡度）約與沿岸漂沙量相等。

(三)C 部

防波堤阻止漂沙能量達到飽和，土沙開始迂迴通過防波堤堤頭，測定區土沙量增加現象即告終止，土量變化曲線完全與歷時軸平行。圖中 Q 表示防波堤之貯沙能力，隨防波堤佈置而異。

由試驗結果判斷防波堤佈置之優劣，最困難者在於 A 部之判斷，該部所形成包括前述三項因素中第 2、3 兩項因素為防波堤等構造物之影響，而第 1 項純為實際技術上之問題須予扣除，惟三者混合存在無法明確劃分。

九、試驗結果與分析

(一)爲便於試驗結果之分析比較，謹將台中港務局民國六十二年十二月出版之“台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究”報告中所提修訂佈置試驗Ⅱ（60年地形） $N 15^{\circ}E$ 方向波浪作用下試驗結果摘敘如下：

圖 9 a ~ i 表示波浪作用後，防波堤附近地形變化。

圖 10 表示波浪作用後，各主要點之水深變化。

圖 11 表示波浪作用後，A ~ H 區土量變化。

試驗各段時間之地形、水深、土量等變化摘要列如表 1。

防沙堤北側在該佈置試驗情況下，480 分鐘時已有不少漂沙越過防沙堤堤頭而堆積於防沙堤南側，形成沙洲逐漸向南伸展，當沙洲到達北防波堤時淺海地區之等深線幾乎平行於南北向，同時士 0m 等深線通過防沙堤堤頭以後，北防波堤附近之等深線開始向海測推進，漂沙越過北防波堤頭時防波堤附近之等深線略與波向相垂直，本試驗全區土沙堆積速率變化 800 分鐘後達到一定值，該定值後之漂沙量爲 $115 \times 10^4 m^3/h$ 由圖 11 可知該試驗佈置至 1920 分鐘後爲數不多漂沙始越過北防波堤堤頭。

(二)佈置 A 試驗結果

該佈置 A 試驗，除試驗波向採用 N 方向波浪外，其餘試驗條件採與原「台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究」報告中所提修訂佈置試驗Ⅱ Vb 相同，其試驗結果如下：

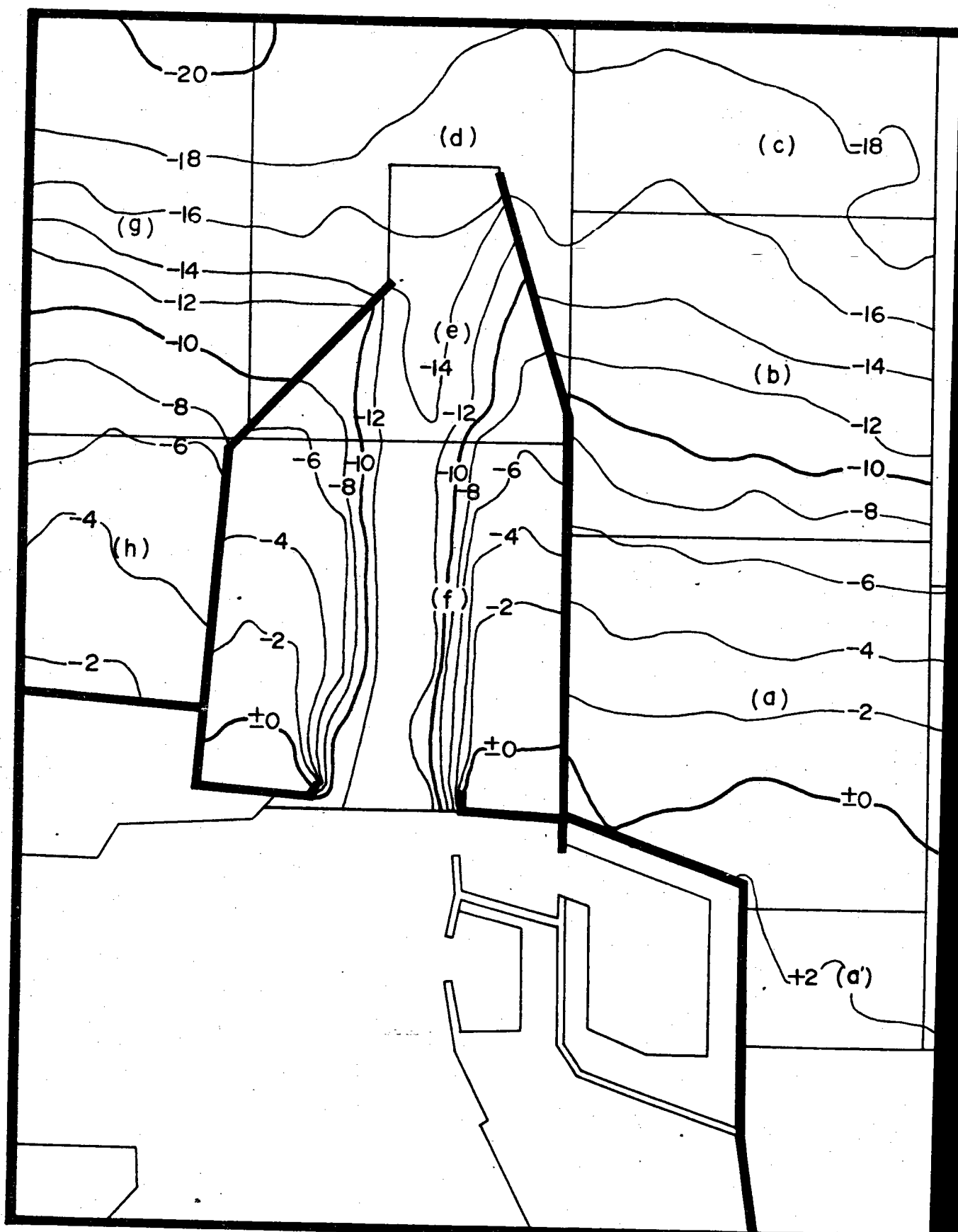
圖 12 a ~ i 表示波浪作用後，防波堤附近地形變化。

圖 13 表示波浪作用後，各主要點之水深變化。

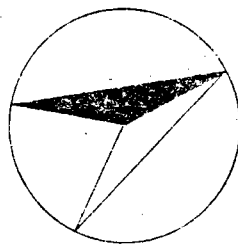
圖 14 表示波浪作用後，A ~ H 區土量變化。

試驗各段時間之水深、土量等變化，摘要列如表 2。

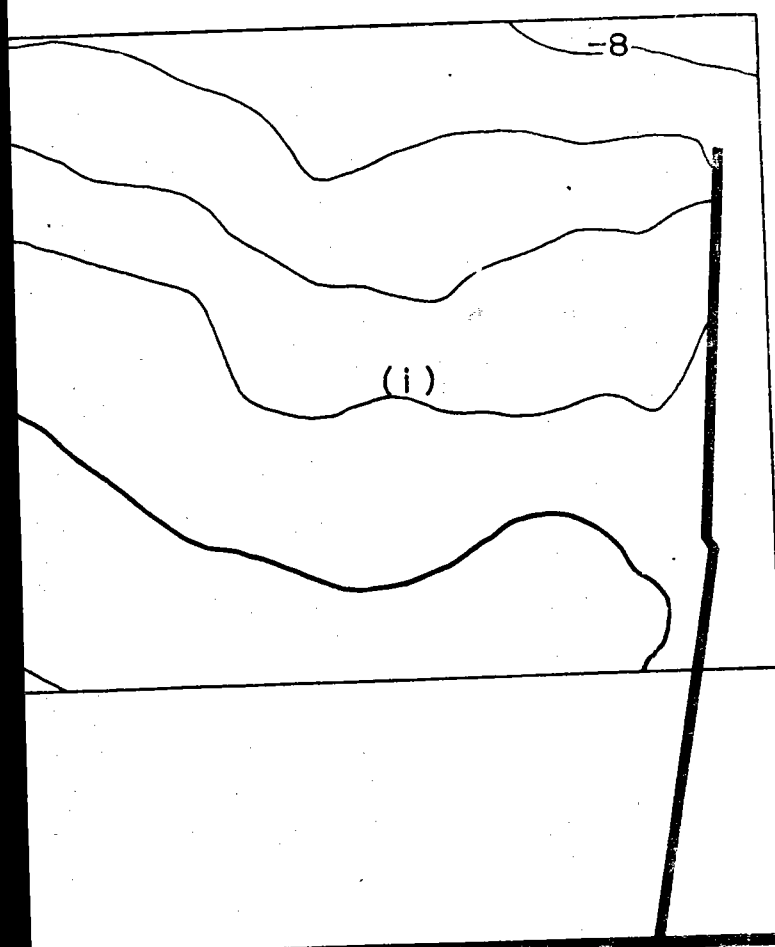
本試驗於造波 120 分鐘時，沙洲自加砂地點逐漸延伸到北防沙堤，寬度約 1m。自北向南走向並於漁港北側（模型 x 座標 16.5m，y 座標 9m 處）到海堤處漂沙堆積高程約相當於現地 + 5m，當造波時間累積 240 分鐘時自加砂地點至北防沙堤沙洲 (Sand bar) 寬度逐漸增加，於北防沙堤處其寬度已達 2 公尺，且有向北防沙堤堤頭逐漸堆積之傾向，且漁港北側沙洲露出士 0m 水位線之範圍亦漸擴大，當造波時間累積達 300 分鐘時，砂洲已達北防沙堤堤頭而於北防沙堤北側自堤頭開始長約 2.5m，砂洲已露出零線水面且北防沙堤南側亦有部份沙洲露出零線水位，同時沙洲已達



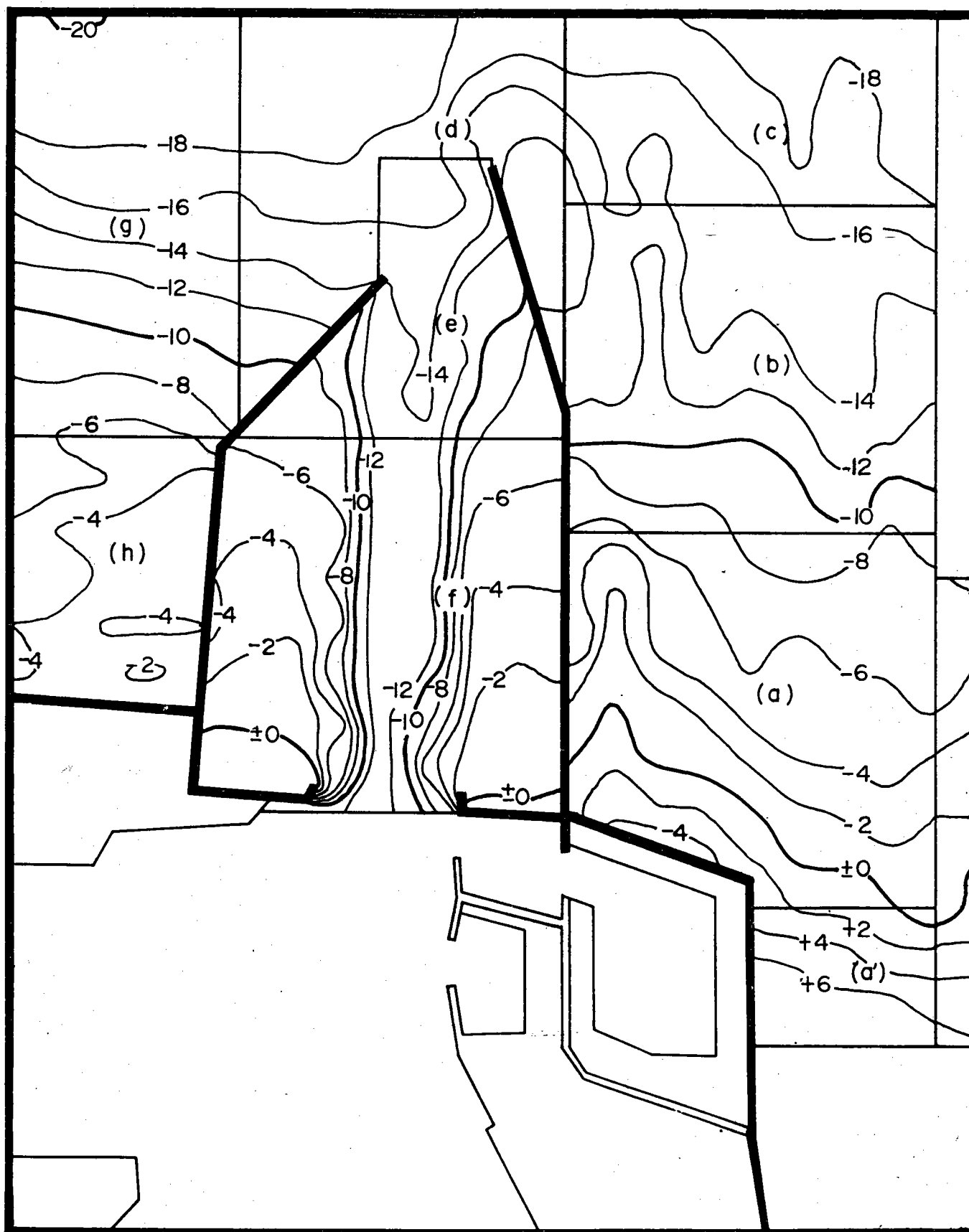
圖九(a) 防波堤附近海底地形變化圖(修)



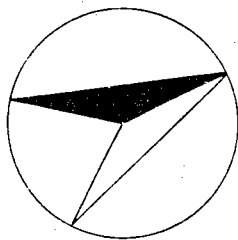
波浪作用時間 : 0 min.
波高 : 5 m.
週期 : 12 Sec.
波向 : N15°E
潮位 : 朔望平均潮汐.



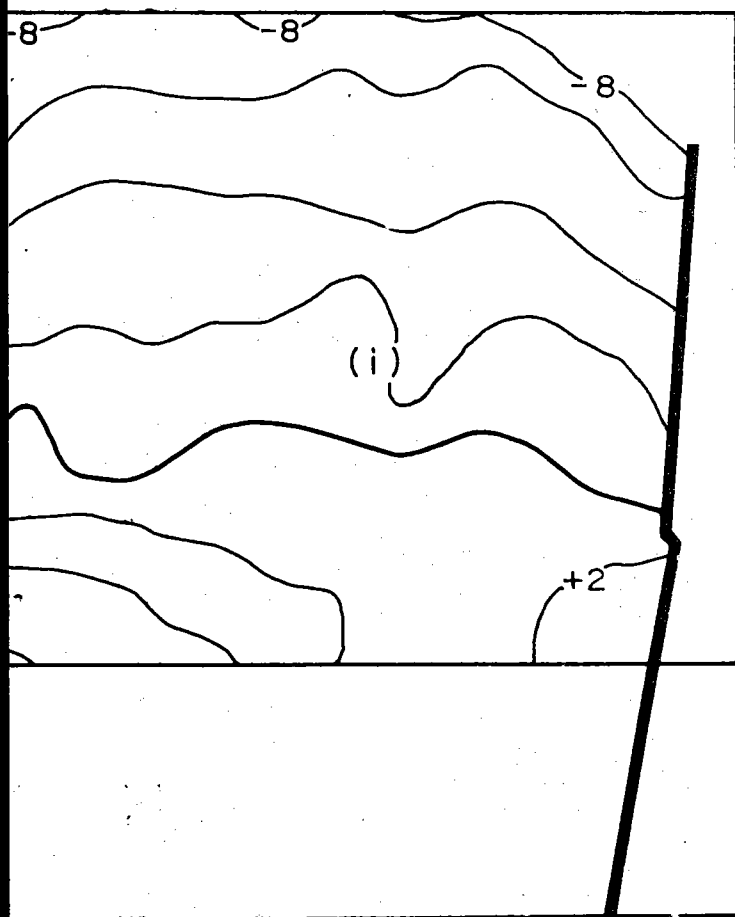
正試驗 NO. II)



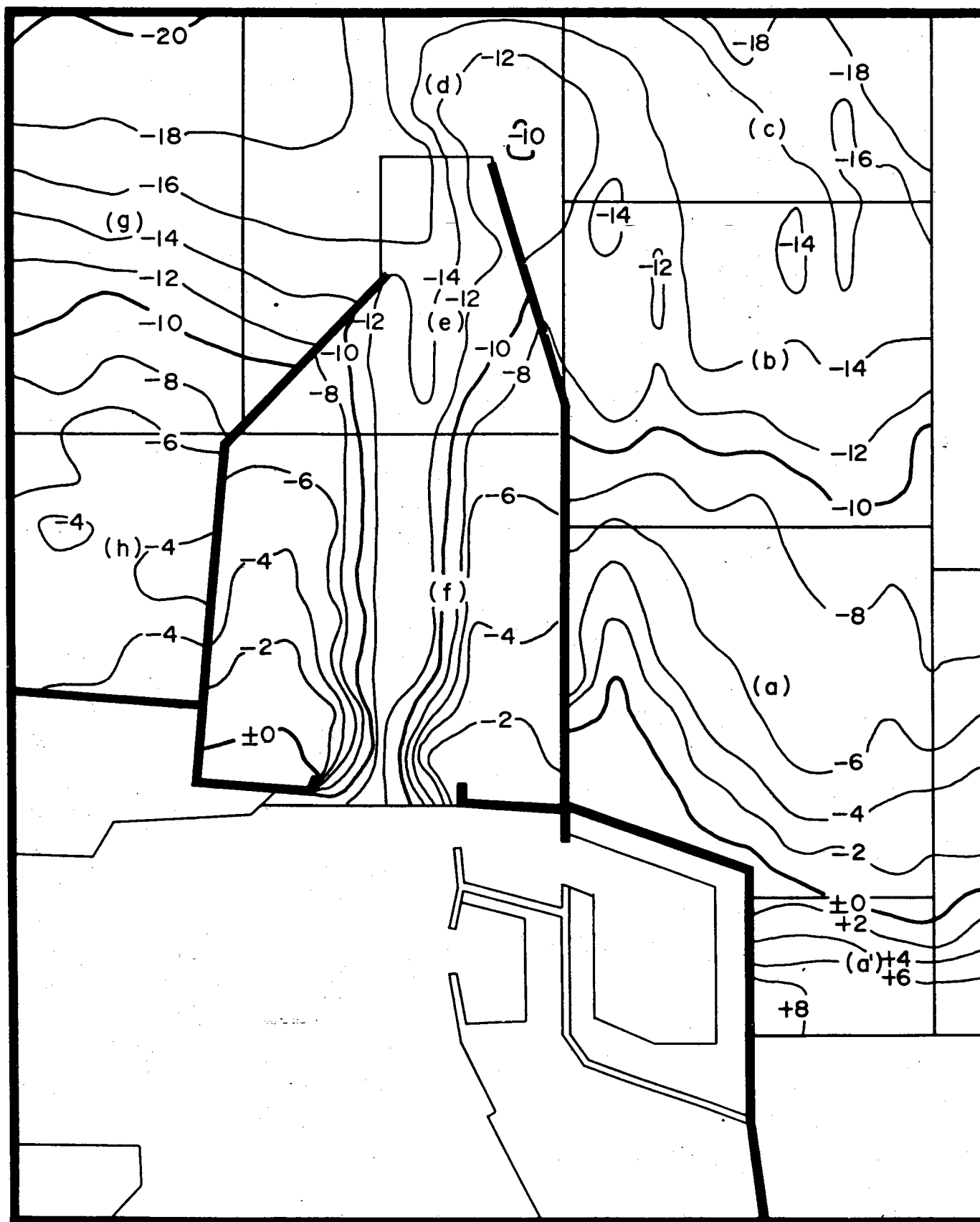
圖九(b) 防波堤附近海底地形變化圖(修



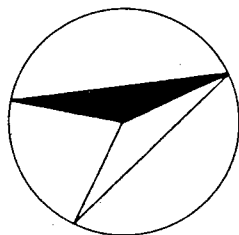
波浪作用時間 : 240min.
波高 : 5m.
波週期 : 12Sec.
波向 : N15°E
潮位 : 朔望平均潮汐



修正試驗NO. II)



圖九(c) 防波堤附近海底地形變化圖(修正圖)



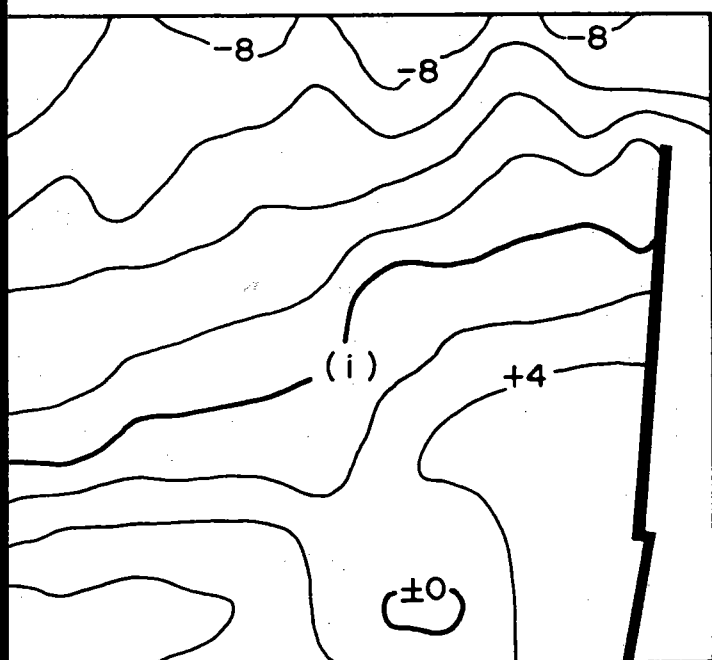
波浪作用時間 : 480min.

波高 : 5m.

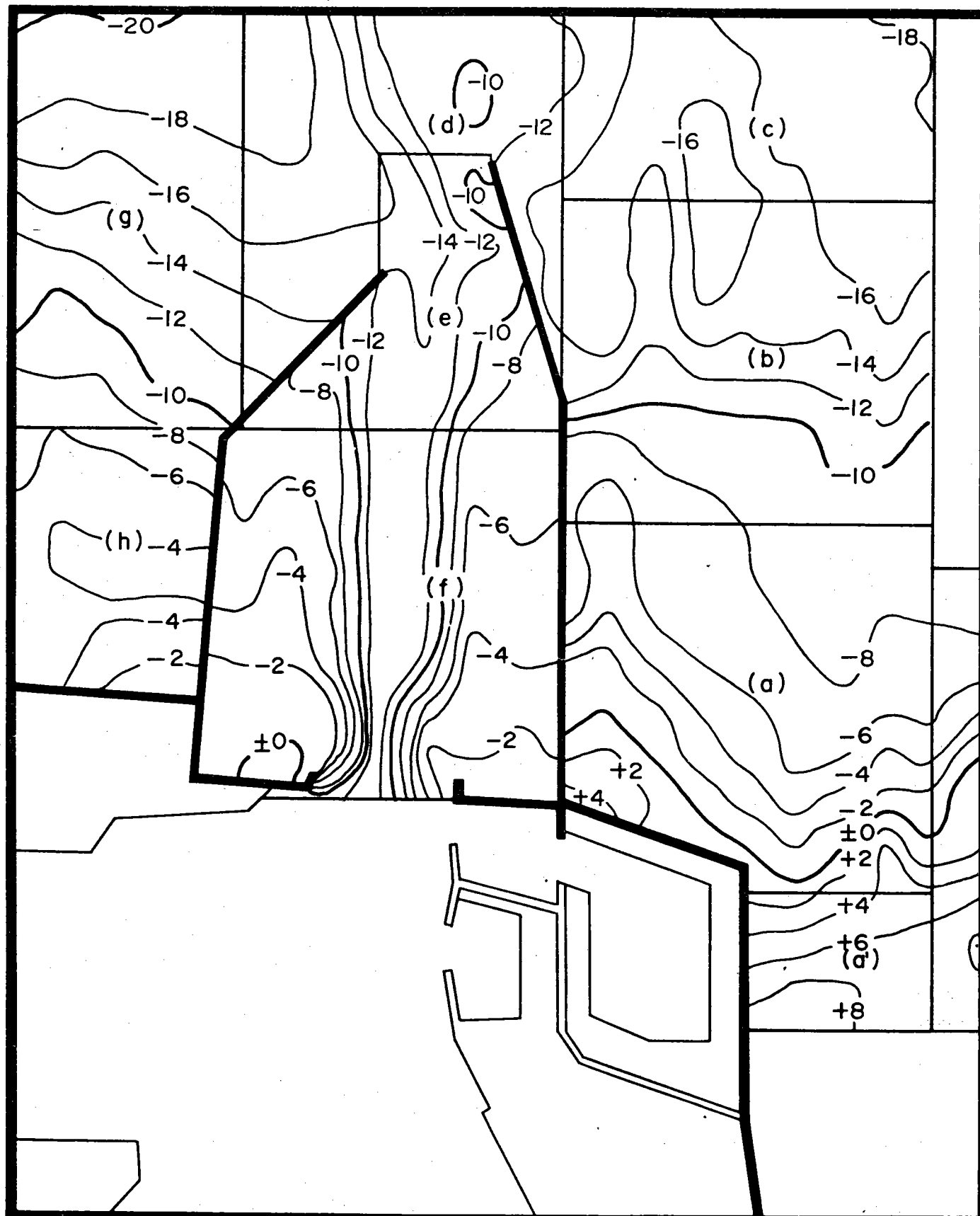
波週期 : 12Sec.

波向 : N15°E.

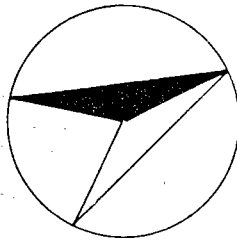
潮位 : 朔望平均潮汐.



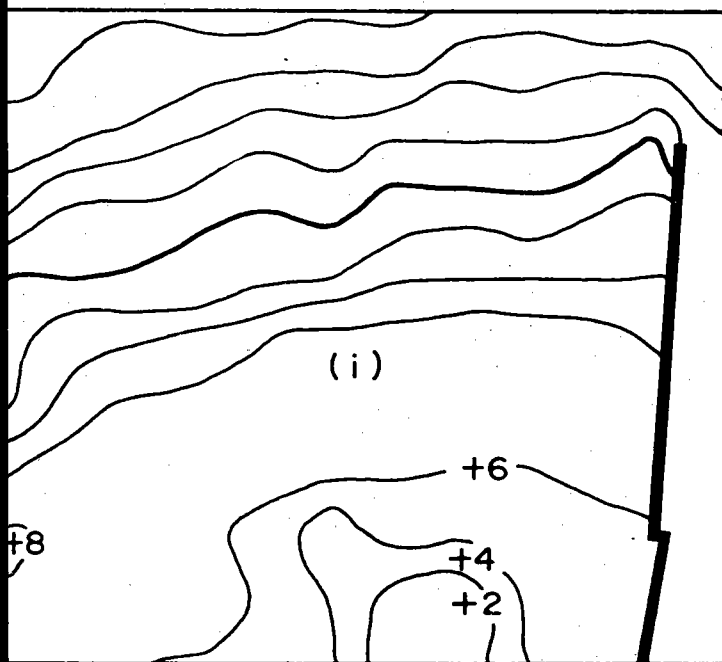
試驗NO. II)

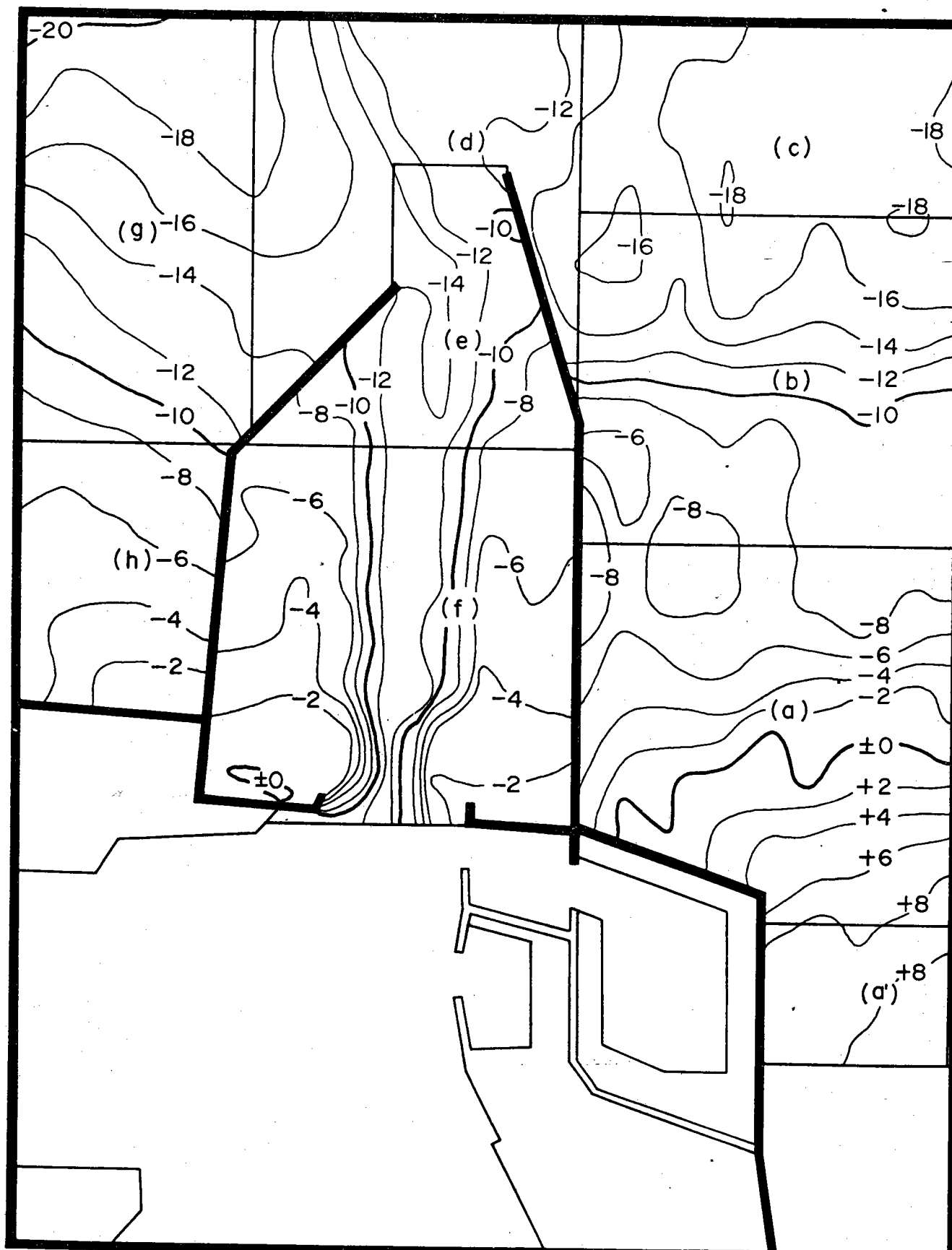


圖九(d) 防波堤附近海底地形變化圖(修正)

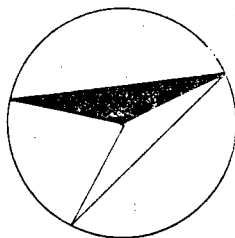


波浪作用時間 : 720 min.
 波高 : 5 m.
 週期 : 12 Sec.
 波向 : N15°E.
 潮位 : 朔望平均潮位.

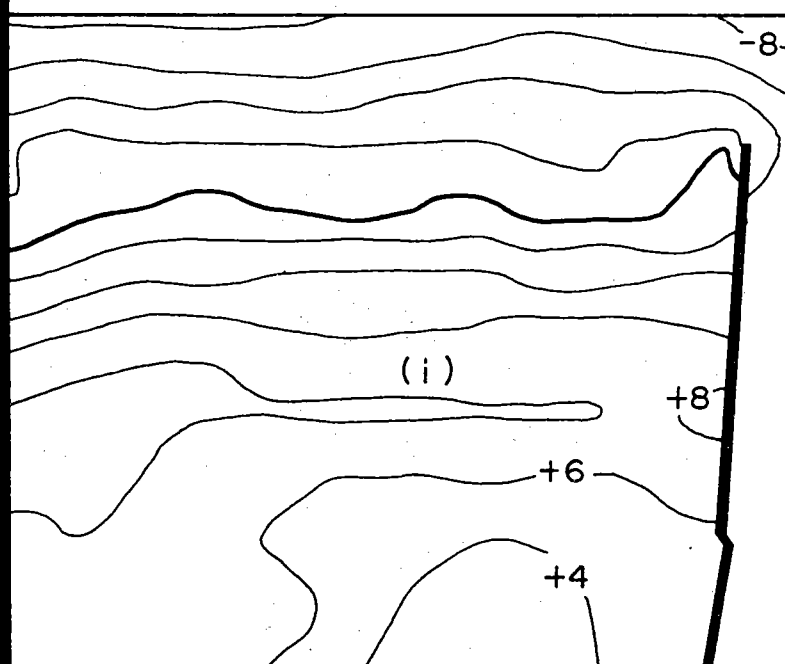




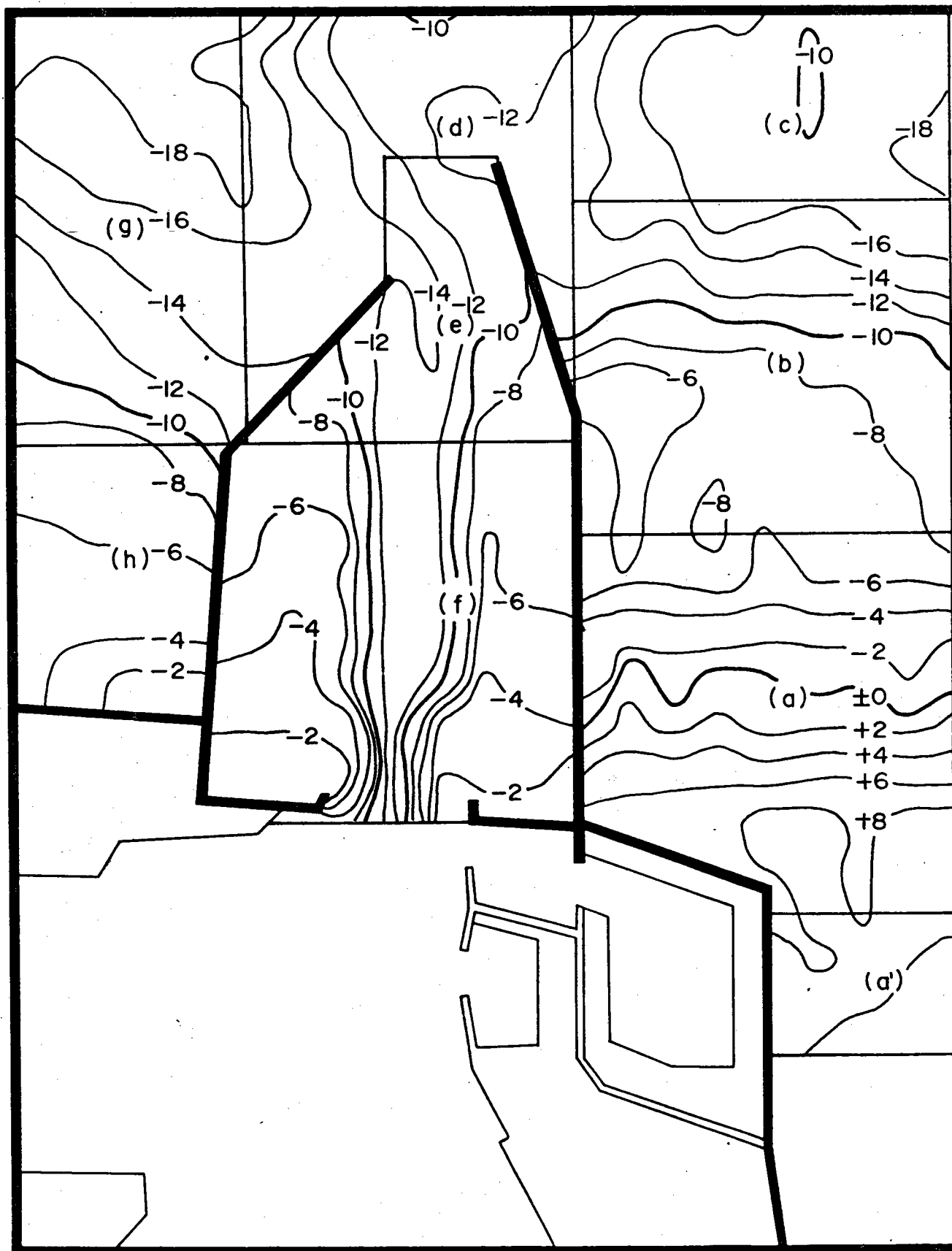
圖九(e) 防波堤附近海底地形變化圖(修正)



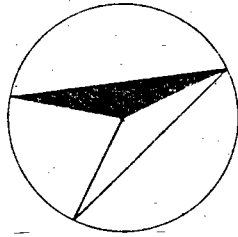
波浪作用時間 : 960 min.
波 高 : 5 m.
週 期 : 12 Sec.
波 向 : N15°E
潮 位 : 朔望平均潮汐



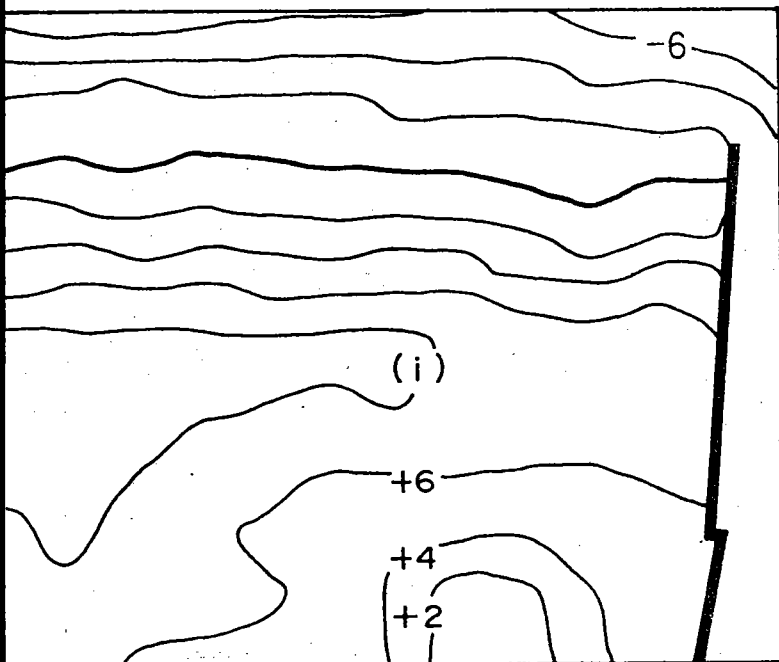
試驗NO. II)



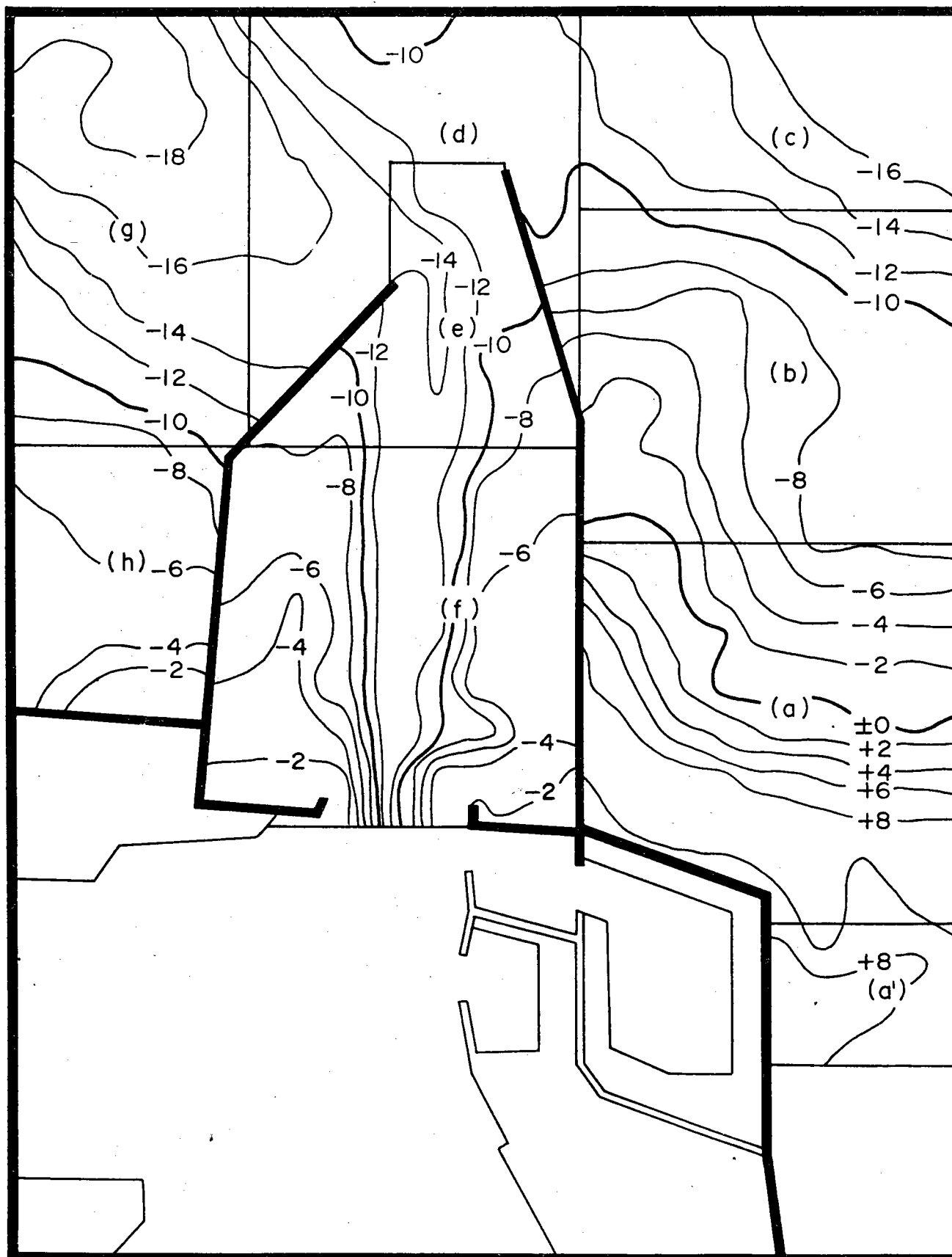
圖九(f) 防波堤附近海底地形變化圖 (



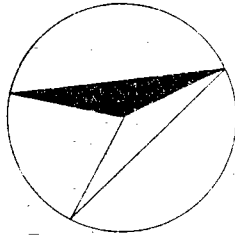
波浪作用時間 : 1200min.
波高 : 5m.
週期 : 12Sec.
波向 : N15°E.
潮位 : 朔望平均潮汐.



修正試験NO. II)



圖九(7) 防波堤附近海底地形變化圖(修正)



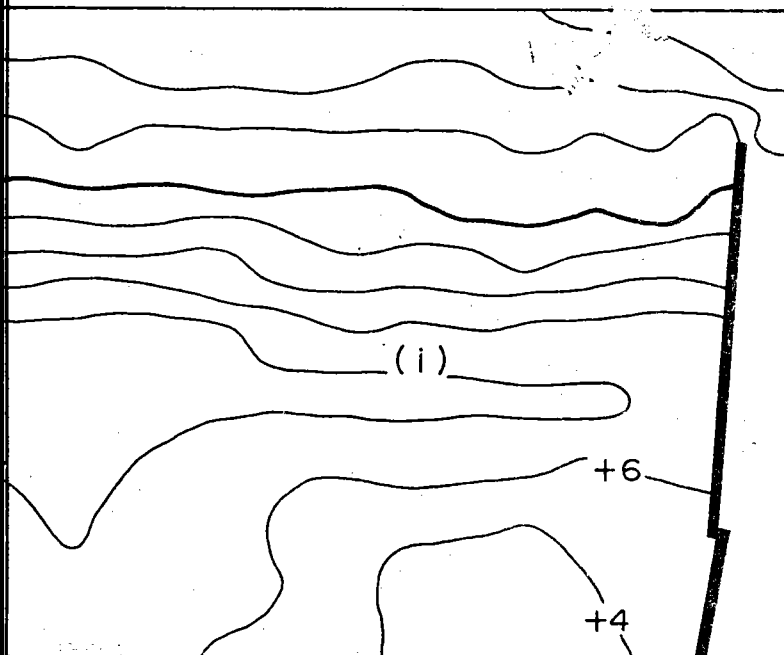
波浪作用時間 : 1500 min.

波 高 : 5 m.

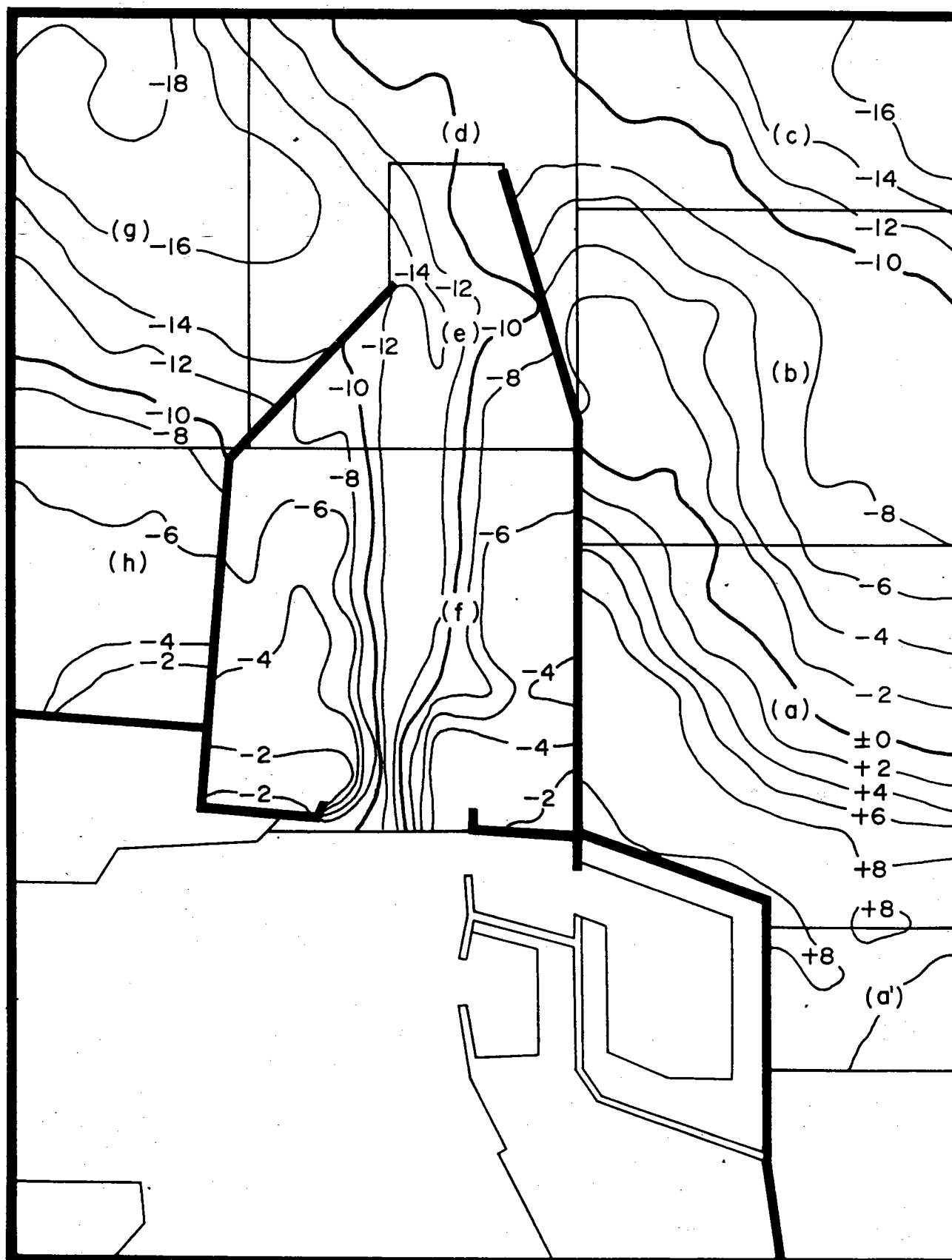
週 期 : 12 Sec.

波 向 : N15°E.

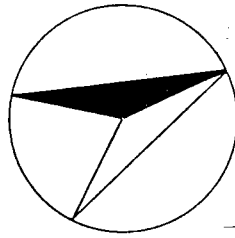
潮 位 : 朔望平均潮汐.



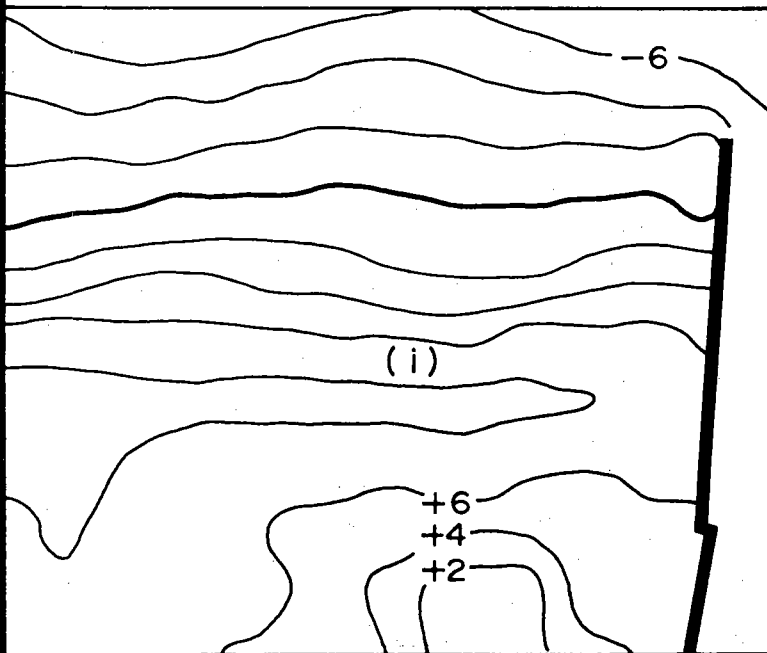
試驗NO. II)



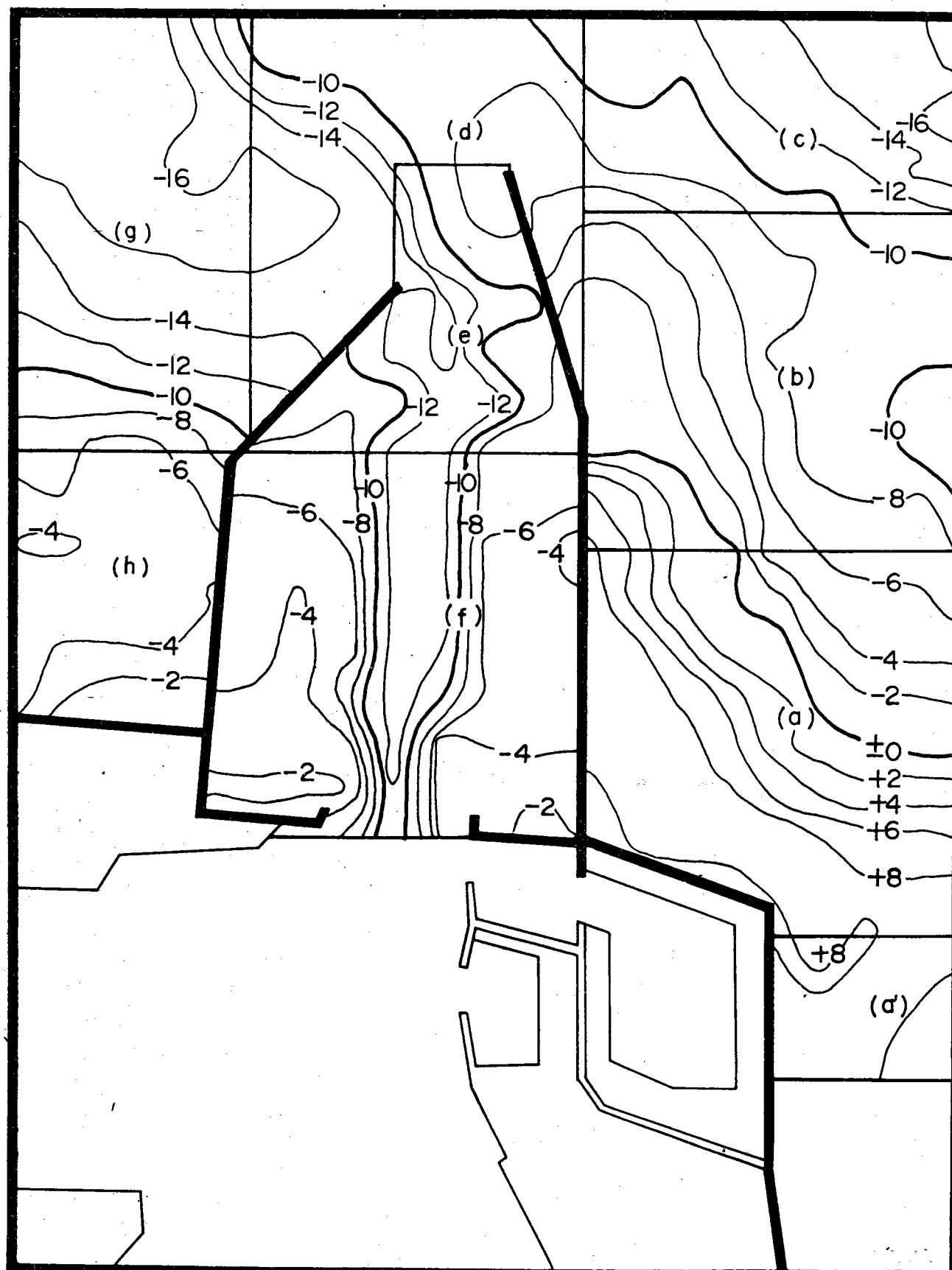
圖九(九) 防波堤附近海底地形變化圖



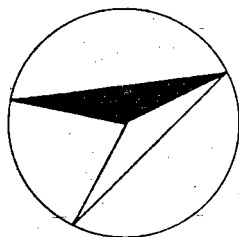
波浪作用時間 : 1680 min.
波高 : 5m.
週期 : 12 Sec.
波向 : N15°E.
潮位 : 朔望平均潮汐.



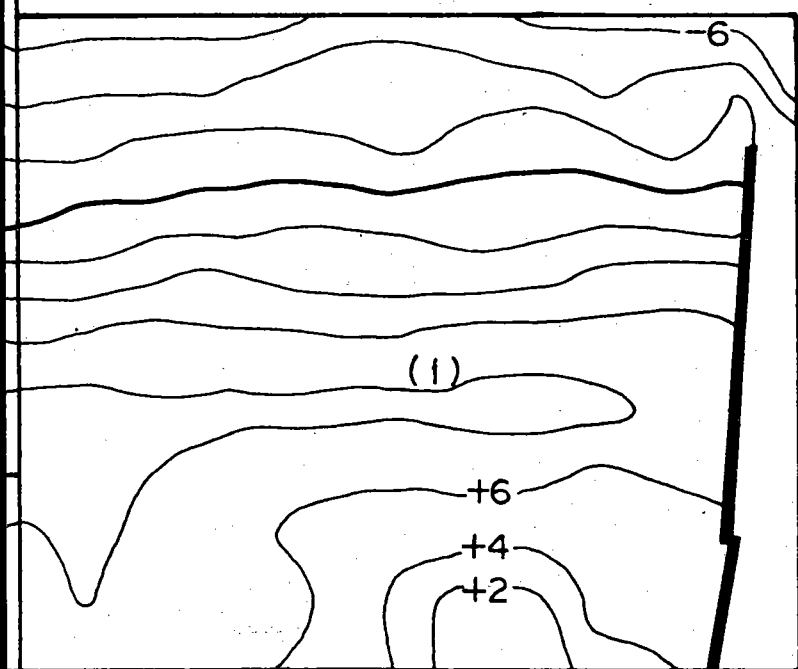
(修正試驗NO. II)



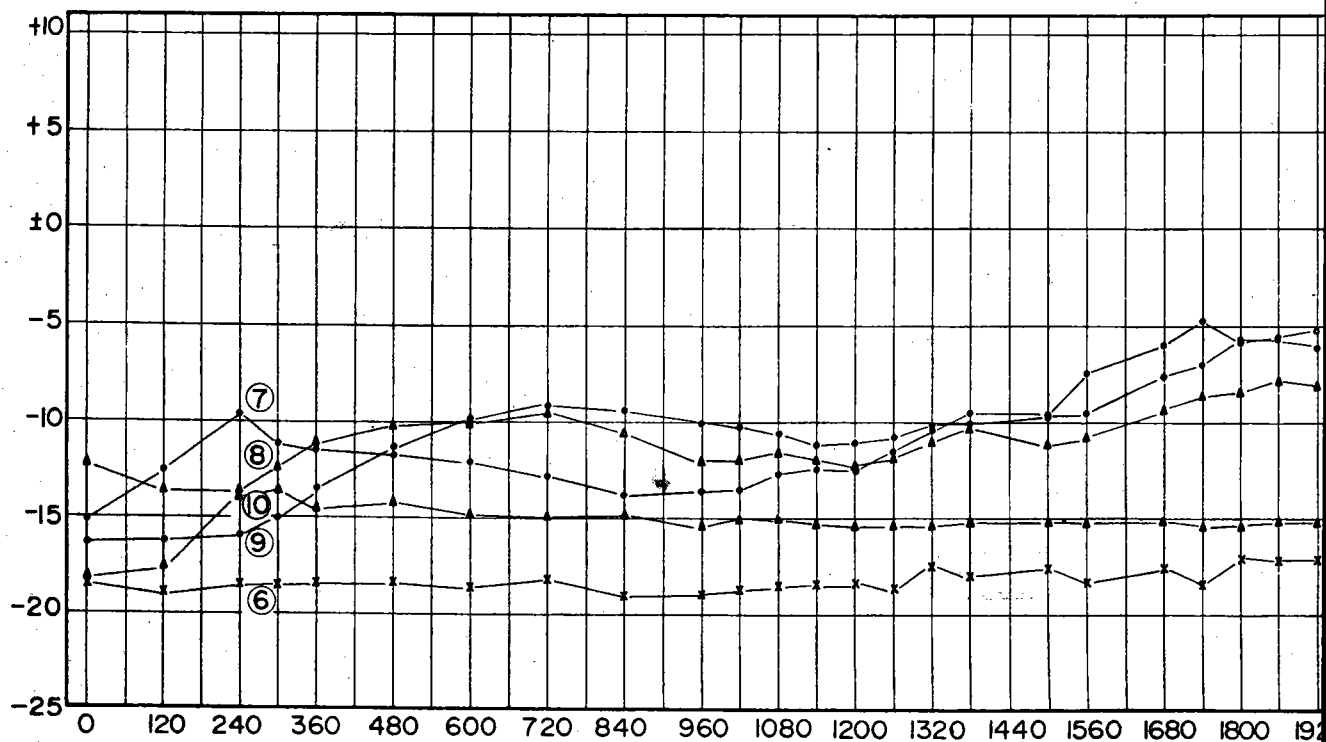
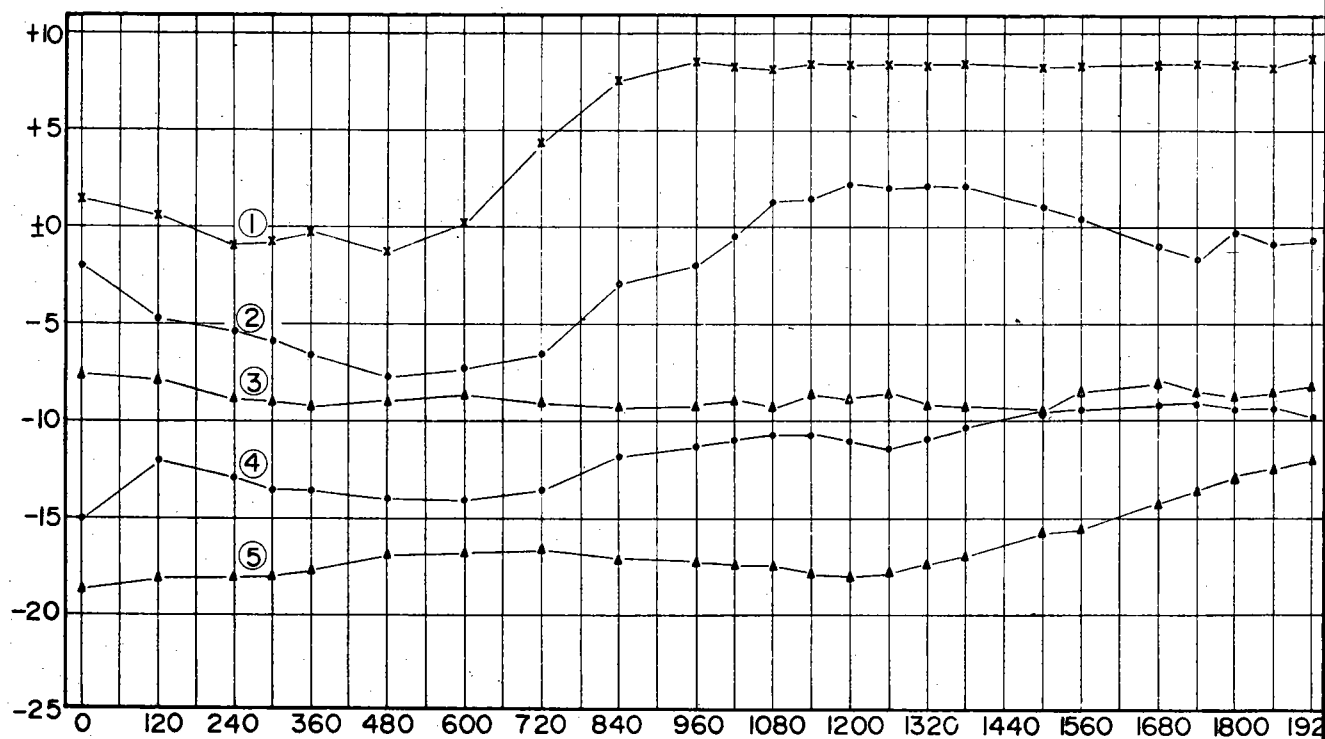
圖九(i) 防波堤附近海底地形



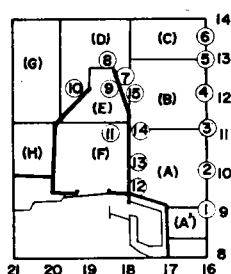
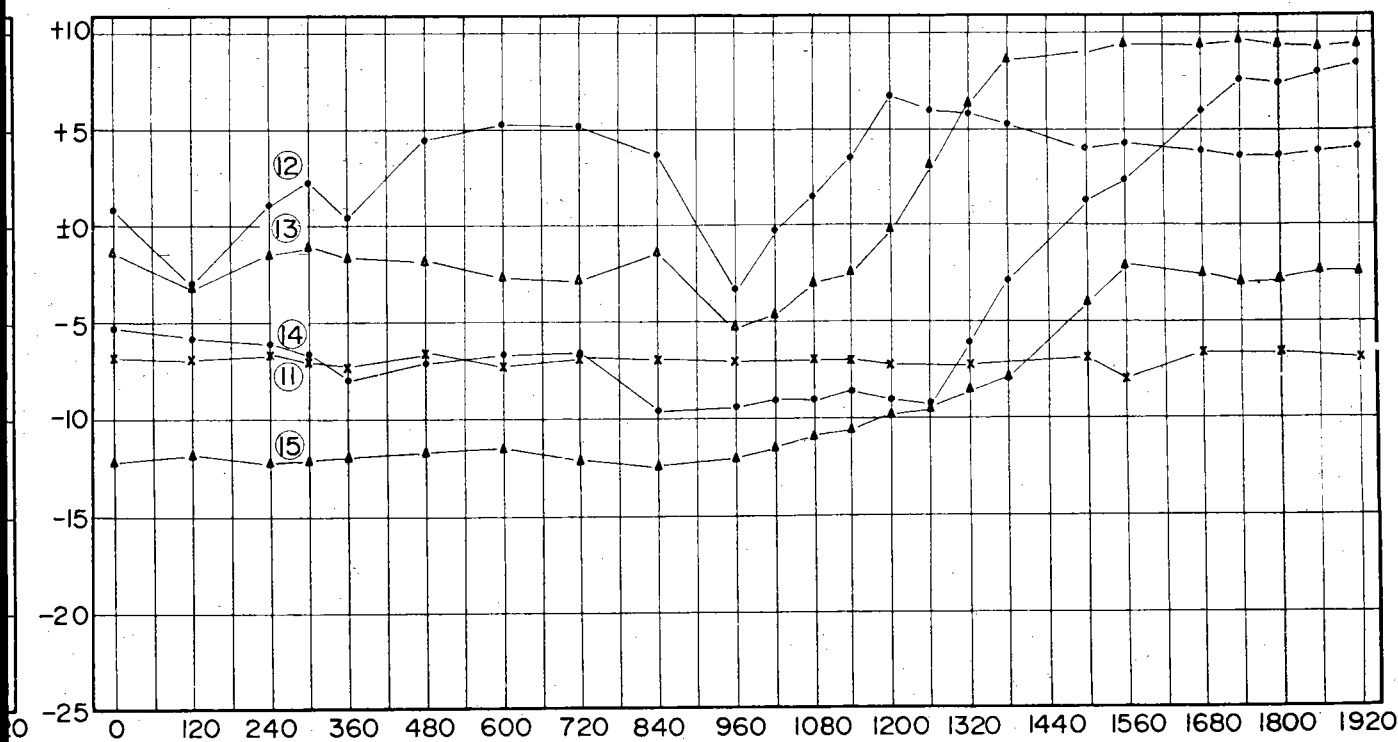
波浪作用時間 : 1,920 min.
波高 : 5 m.
週期 : 12 Sec.
波向 : N15°E
潮位 : 朔望平均潮汐.



變化圖 (修正試驗 NO. II)



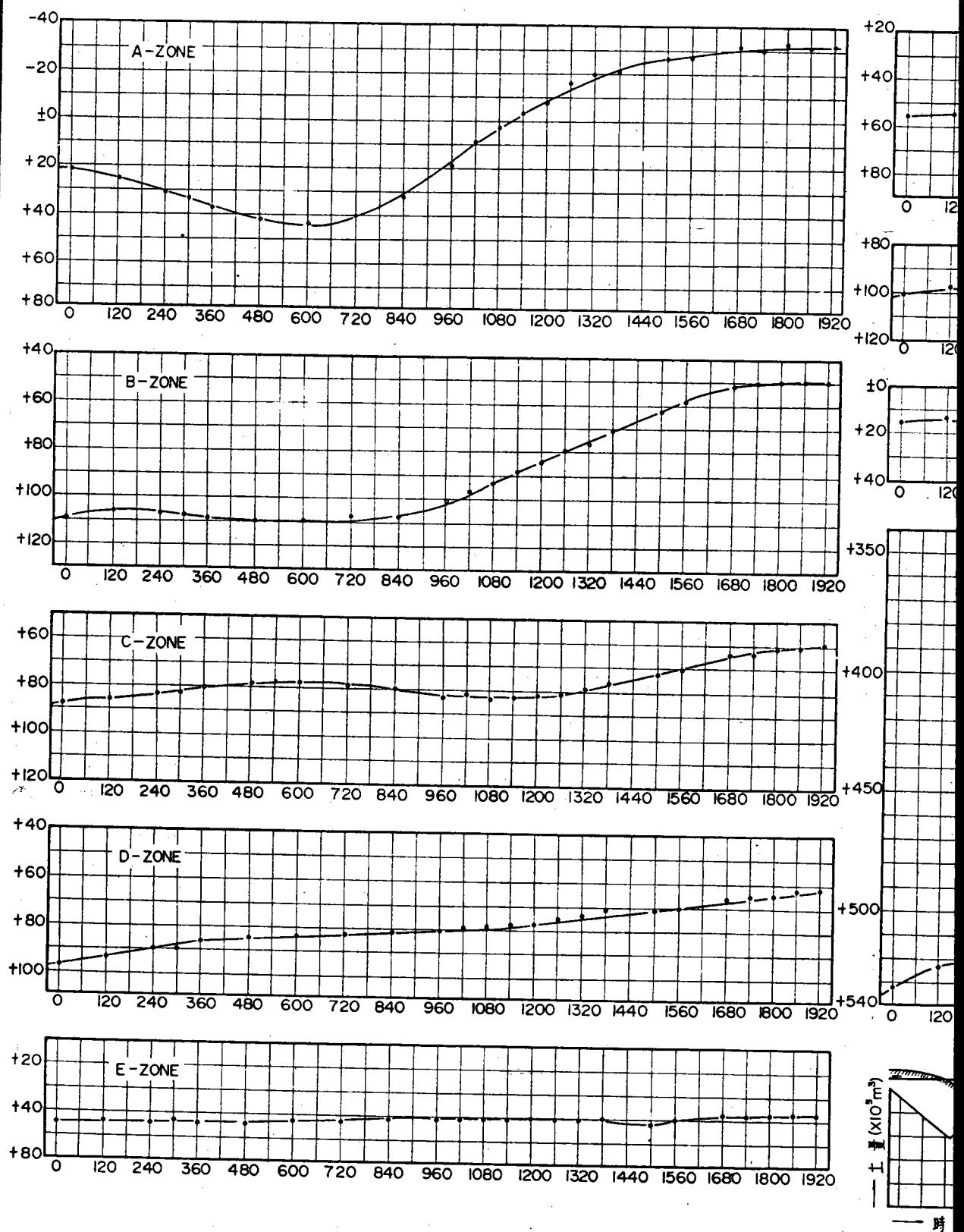
圖十 防波堤附近主要點水深變



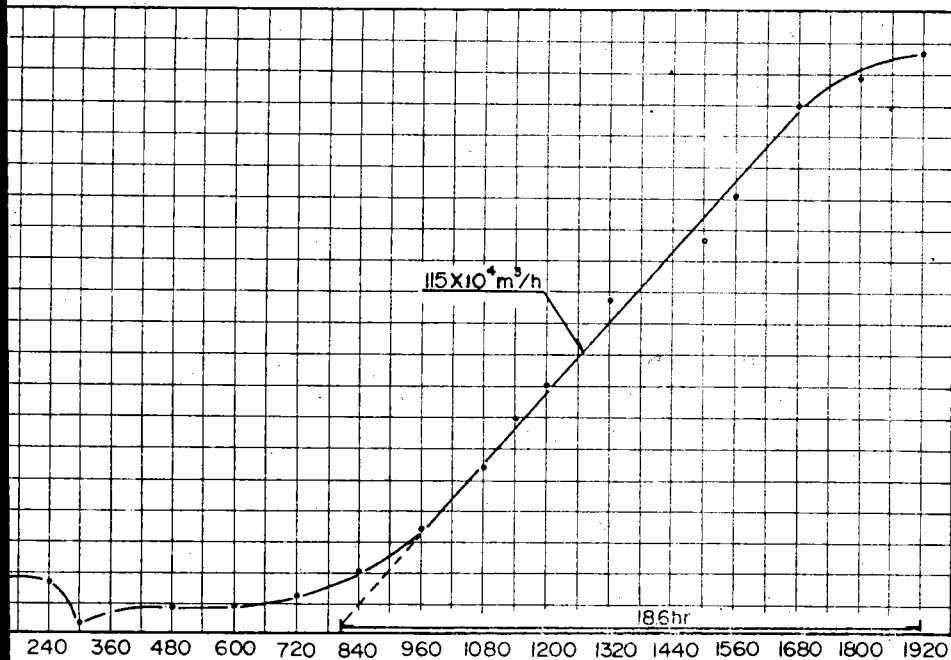
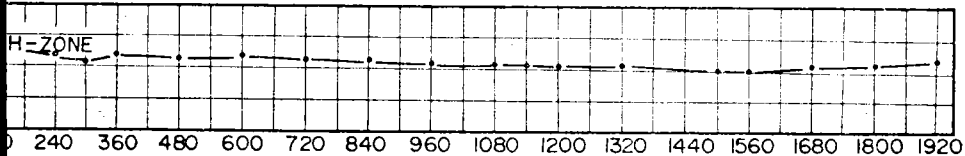
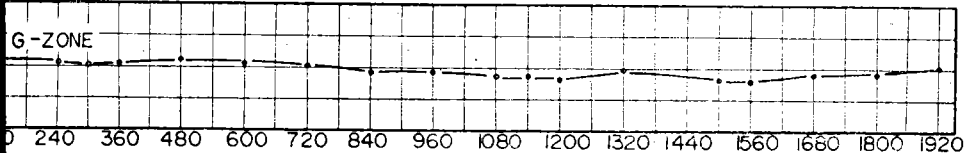
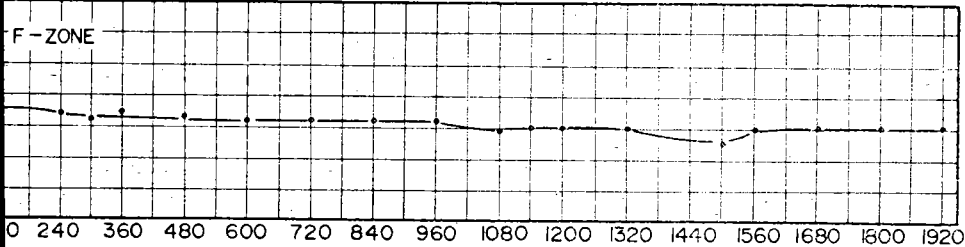
— x —	1	6	11
— ◦ —	2	7	12
— Δ —	3	8	13
— • —	4	9	14
— ▲ —	5	10	15

編號：NO.16.
 波浪作用時間：1920 min.
 波高：5m.
 週期：12 Sec.
 向：N15°E.
 潮位：朔望平均潮汐。

化圖(修正試驗NO. II)



圖十一 防波堤附近堆積土量變化圖 (修正試驗NO.



M (分)

波浪作用時間 : 1,920 min.
 波 高 : 5 m.
 週 期 : 12 Sec.
 波 向 : N15°E
 潮 位 : 潮望平均潮位

II)

表一

時間 事項		0 ~ 480 min	480 ~ 960 min
水 深 變 化	1	變深 3 m	600 分鐘後急劇淤淺，淤淺 3 m
	2	變深 5.8 m	720 分鐘後急劇淤淺，淤淺 5.8 m
	3	變深 1.5 m	無顯著變化
	4	至 120 分鐘急劇變淺後緩慢冲刷變深。	720 分鐘後急劇淤淺，淤淺 2.7 m
	5	淤淺 1.8 m	無顯著變化
	6	無顯著變化	"
	7	至 240 分鐘急劇堆積後緩慢冲刷變深	變深 1.0 m
	8	淤淺 8 m	720 分鐘再次變深，變深 1.0 m
	9	淤淺 5 m	淤淺 1.4 m
	10	變深 2 m	變深 1.0 m
	11	無顯著變化	無顯著變化
	12	反復淤淺與變深結果淤淺 3 m	840 分鐘後急劇變深，變深 8 m
	13	無顯著變化	840 分鐘後急劇變深，變深 3.5 m
	14	變深 2.0 m	720 分鐘後急劇變深，變深 2.3 m
	15	無顯著變化	無顯著變化

	960 ~ 1380 min	1380 ~ 1920 min
11.5	960 分鐘後無變化	無顯著變化
於淺	1200 分鐘達平衡，淤淺 2.4 m	1380 分鐘後緩慢變深，變深 3.3 m
	無顯著變化	無顯著變化
淺	淤淺 1.0 m	淤淺 0.5 m
	1140 分鐘後再度淤淺	淤淺 5.0 m
	淤淺 1.0 m	淤淺 1.0 m
	960 分鐘後淤淺，淤淺 4.0 m	淤淺 4.5 m
8 m	1200 分鐘後再度淤淺，淤淺 1.8 m	淤淺 2.0 m
	1140 分鐘後再度淤淺	淤淺 4.0 m
	無顯著變化	無顯著變化
	"	"
的	960 ~ 1200 分鐘間急劇淤淺之後逐漸變深，淤淺 8.5 m	變深 1.0 m
約	960 分鐘後急劇淤淺，淤淺 4.1 m	無顯著變化
約	1260 分鐘後急劇淤淺，淤淺 6.5 m	淤淺 11 m
	淤淺 4.3 m	1560 分鐘達平衡，淤淺 5.5 m

表 一

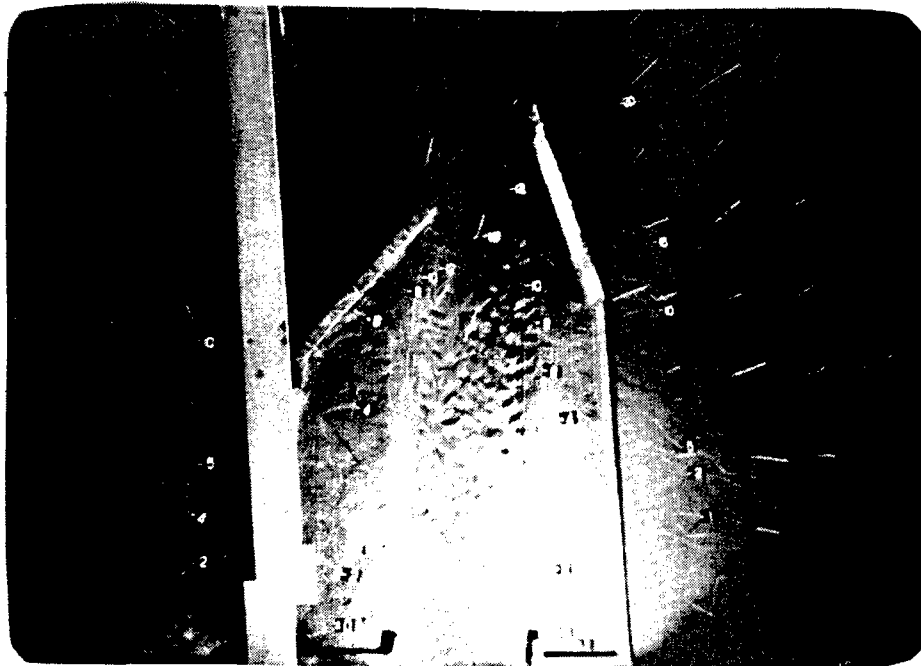
時間 事項		0 ~ 480 min	480 ~ 960 min
土 量 變 化	A		
	B		
	C		
	D		
	E		
	F		
	G		
	H		
	I		
	全區		

960 ~ 1380 min	1380 ~ 1920 min
最大以 $6.2 \times 10^5 m^3/hr$ 之速率增加，增加 $41 \times 10^5 m^3$	1320 分鐘後略呈平衡，增加 $10 \times 10^5 m^3$
840 分鐘後急劇增加最大速率為 $4.4 \times 10^5 m^3/hr$ ，增加 $2.9 \times 10^5 m^3$	1680 分鐘後達到平衡，增加 $21 \times 10^5 m^3$
1140 分鐘以後再度增加，增加 $6.5 \times 10^5 m^3$	最大增加速率 $2.4 \times 10^5 m^3/hr$ 增加 $17 \times 10^5 m^3$
增加 $7 \times 10^5 m^3$	最大增加速率 $1.3 \times 10^5 m^3/hr$ 增加 $9.5 \times 10^5 m^3$
以 $0.3 \times 10^5 m^3/hr$ 之速率增加，增加 $1.5 \times 10^5 m^3$	以 $3 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，增加 $2 \times 10^5 m^3$
無顯著變化	無顯著變化
以 $0.2 \times 10^5 m^3/hr$ 之速率減少，減少 $1 \times 10^5 m^3$	1500 分鐘後緩緩增加，增加 $3 \times 10^5 m^3$
以 $0.2 \times 10^5 m^3/hr$ 之速率減少，減少 $1 \times 10^5 m^3$	1500 分鐘以 $0.6 \times 10^5 m^3/hr$ 增加，增加 $3.5 \times 10^5 m^3$
1080 分鐘後達平衡，增加 $6.5 \times 10^5 m^3$	無顯著變化
最大增加速率 $11.5 \times 10^5 m^3/hr$ 增加 $78 \times 10^5 m^3$	1680 分鐘後增加速率減少，增加 $74 \times 10^5 m^3$

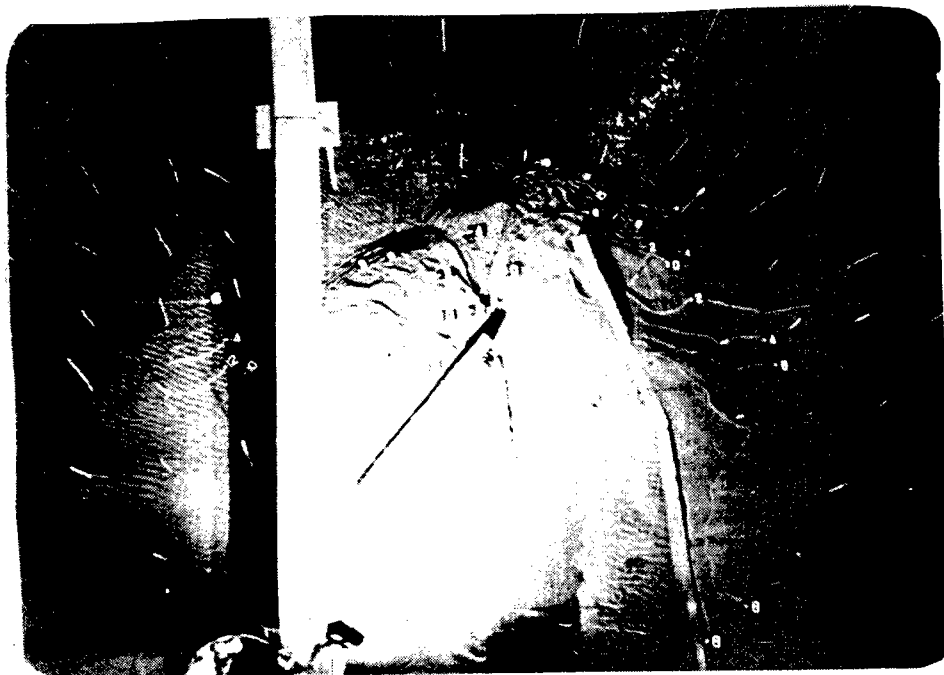
漁港北側，當造波時間達 360 分鐘時漂沙開始越過北防沙堤，北防沙堤與漁港北側間，沙洲因受北防波堤反射波之影響向岸側凹進，於造波時間累積達 480 分鐘時北防沙堤堤頭於水位 ± 0 時已見沙洲形成，足以證明此時北防沙堤攔砂效果已達飽和。漂沙已開始繞過北防波堤堤頭，同時北防沙堤與漁港北側向沙洲寬度漸增達 1.5 m，惟北防波堤直立線段根部處高程則由 +2 m 侵蝕 -2 m，此為同佈置在 $N 150^\circ E$ 自波浪作用下所沒有現象，而且等深線 -8 m 線，因受 N 向波浪作用有向陸側凹入且與波向線垂直之趨勢等深線 -10 m 線以下則大致無變動，造波時間累積達 600 分鐘時，漂沙已全部淹沒北防波堤，沙洲之形成愈趨明顯，灘線處有顯著之 *Tombolo* 形成且沙洲範圍開始擴及於北防沙堤，換言之於大甲溪投置漂沙並於造波時間累積達 600 分鐘時，已達北防波堤直立部堤址處，當造波時間達 720 分鐘時，北防波堤與北防沙堤間沙洲堆積寬度顯著增加，且有向海側增加之趨勢而北防沙堤堤頭部份已有明顯沙洲堆積，北防波堤直立部份北側漂沙已有過半部份高程於 ± 0 水面上，-10 m 水深線以下則乃未有顯著變動，唯有一點值得注意者投置於大甲溪南側之漂沙量因受 N 向波浪作用之影響，有部份因受迴流之影響反堆積於大甲溪河口，於造波時間累積達 840 分鐘時北防波堤以北灘線幾乎已向外海側延伸到北防沙堤頭，成南北走向而垂直於北防波堤，當造波時間達 960 分鐘時，灘線向外海側急劇堆積，此時北防波堤直線部份堤址處漂沙顯著堆高，且其北側均已呈堆積狀。等造波時間累積達 1200 分鐘時北防波堤北側淤積面積範圍增大 ± 0 m 水深線即將越過北防波堤直線部份，惟同佈置對 $N 15^\circ E$ 向波浪言，水位 ± 0 線始達北堤直線段約 $\frac{1}{3}$ 處而 -10 m 等深線，位置則相同。於現場試驗當中，吾人可發現北防波堤斜線部份對 N 向波浪而言，確能發揮其利用反射波帶走部份漂沙的效果。造波時間達 1260 分鐘時，海岸線向外海平移已越過北防沙堤堤頭成南北走向，沙洲越過北防波堤直線段部份約 20 公分於造波時間累積達 1500 分鐘時北防波堤直立部份攔砂效果已達飽和，其北側沙洲正迅速向外海側及向北推進，沙洲海側坡度漸陡此際 ± 0 水深線已達北堤斜線段一半以上，惟當造波時間累積達 1560 分鐘漂沙即將越過北防波堤堤頭而侵入港口，迨造波時間達 1680 分鐘時於北堤內側 ± 0 m 上，沙洲逐漸形成航道慢慢阻塞，南北防波堤間航道水深由 -14 m 減

爲 -10 m ，至造波時間累積達 1740 分鐘時港口已爲漂沙阻塞 $\frac{3}{4}$ 以上，且北防波堤已完全爲漂沙湮埋當造波時間累積達 1860 分鐘時 $\pm 0\text{ m}$ 線以上沙洲已越過南防波堤，港口大部份已爲漂沙阻塞，漂沙堆積範圍已達北防波堤內側直線部份，南防波堤外側斜線段已有 $\frac{2}{3}$ 部份沙洲露出 $\pm 0\text{ m}$ 水面線上，當造波時間累積達 1920 分鐘時港口已全部爲漂沙所阻塞。照片一顯示佈置 A 造波時間 0 min ，模型初期地形（60.年地形）照片二顯示佈置 A 造波時間 1920 分鐘後模型地形，由照片顯示造波時間累積達 1920 分鐘時港口已全部爲漂沙所阻塞。

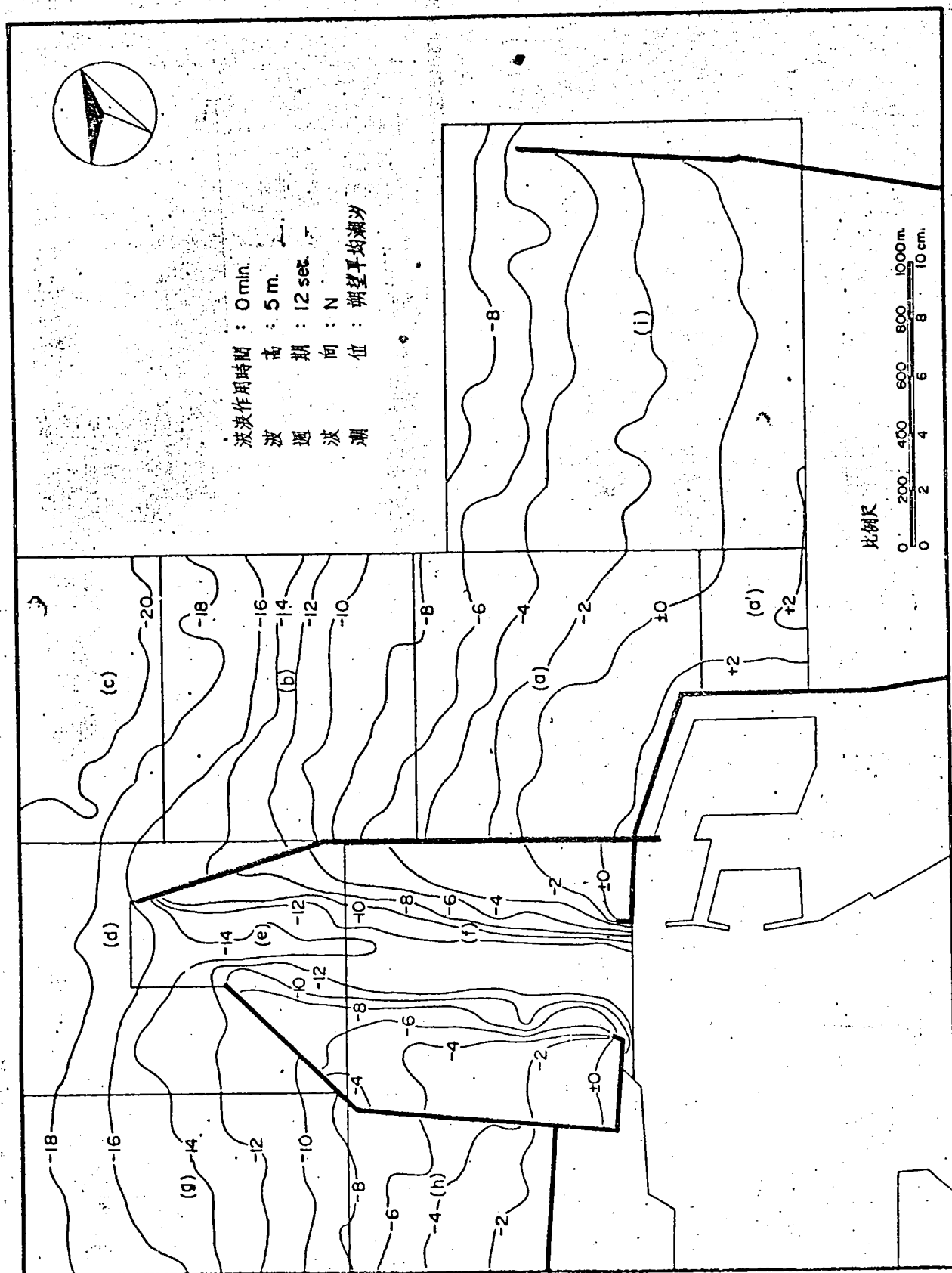
本試驗全區土砂堆積速率變化在 360 分鐘後，達到一定值，該定值後之漂砂量爲 $230 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$ ，由圖 14 可知。



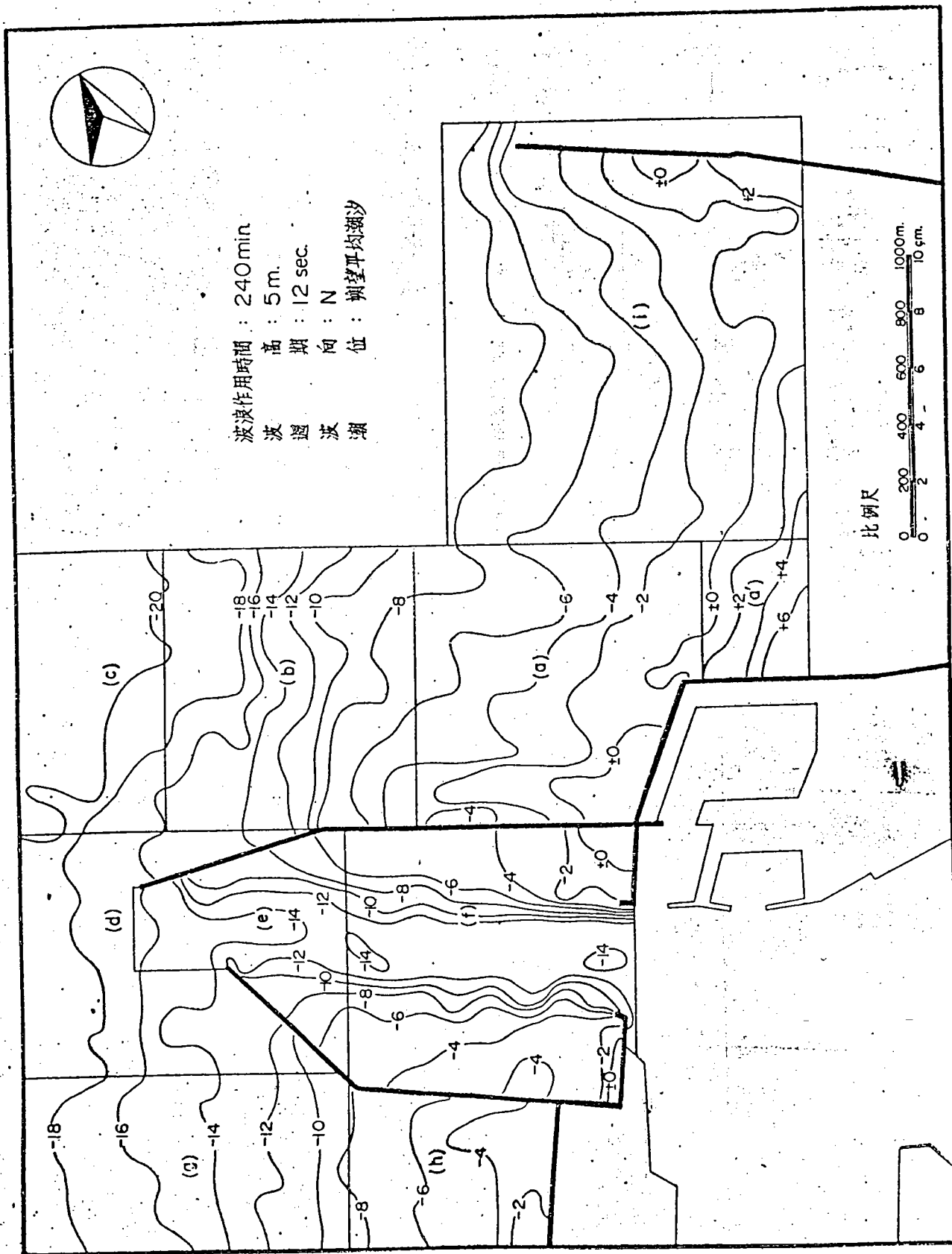
照片一佈置 A 初期地形（60.年水深圖）



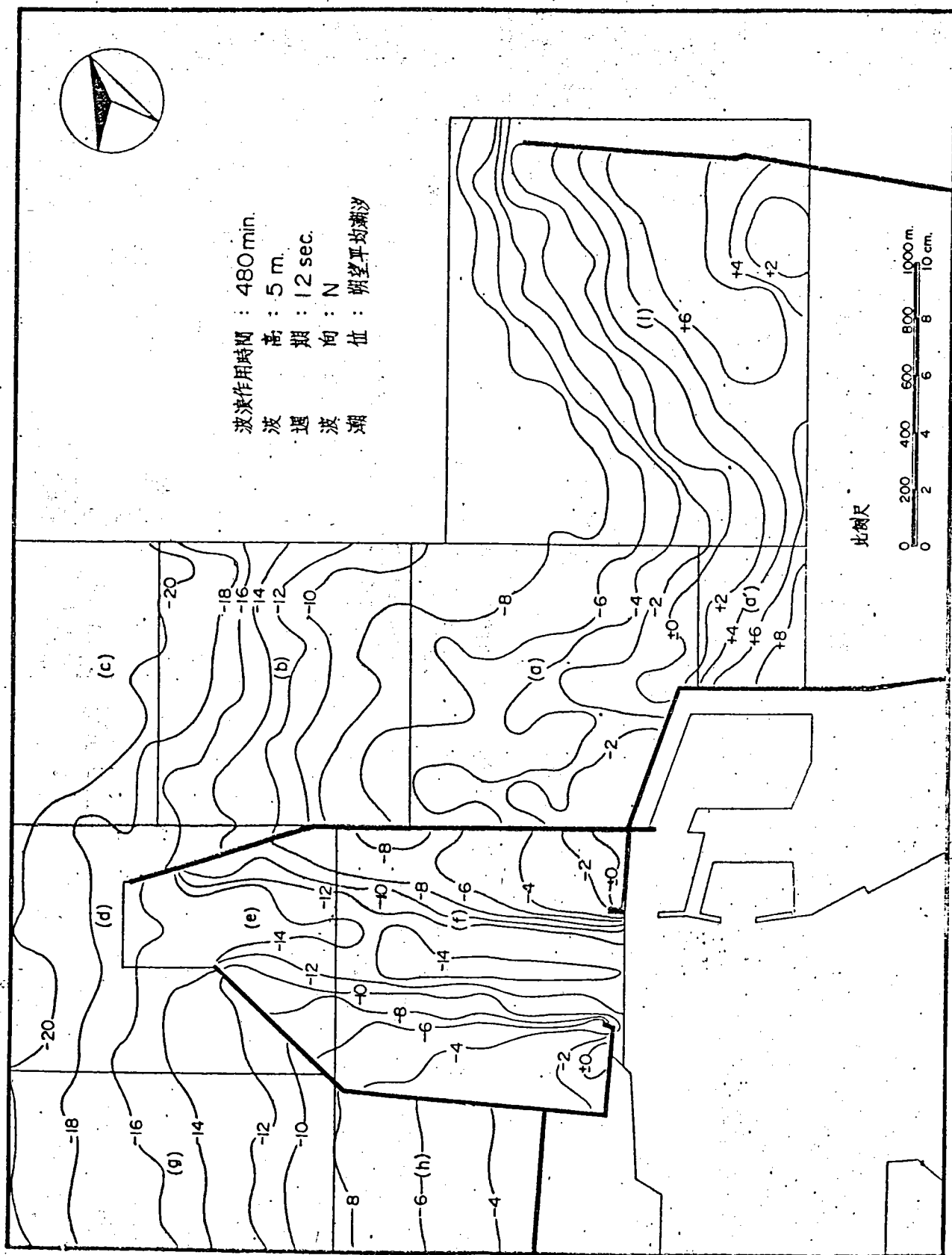
照片二佈置 A 造波時間 1920 分鐘時防波堤附近地形



圖十二. 防波堤附近海底地形變化圖(佈置試驗)



圖十二 (a) 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗A)



圖十二 (c) 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗A)

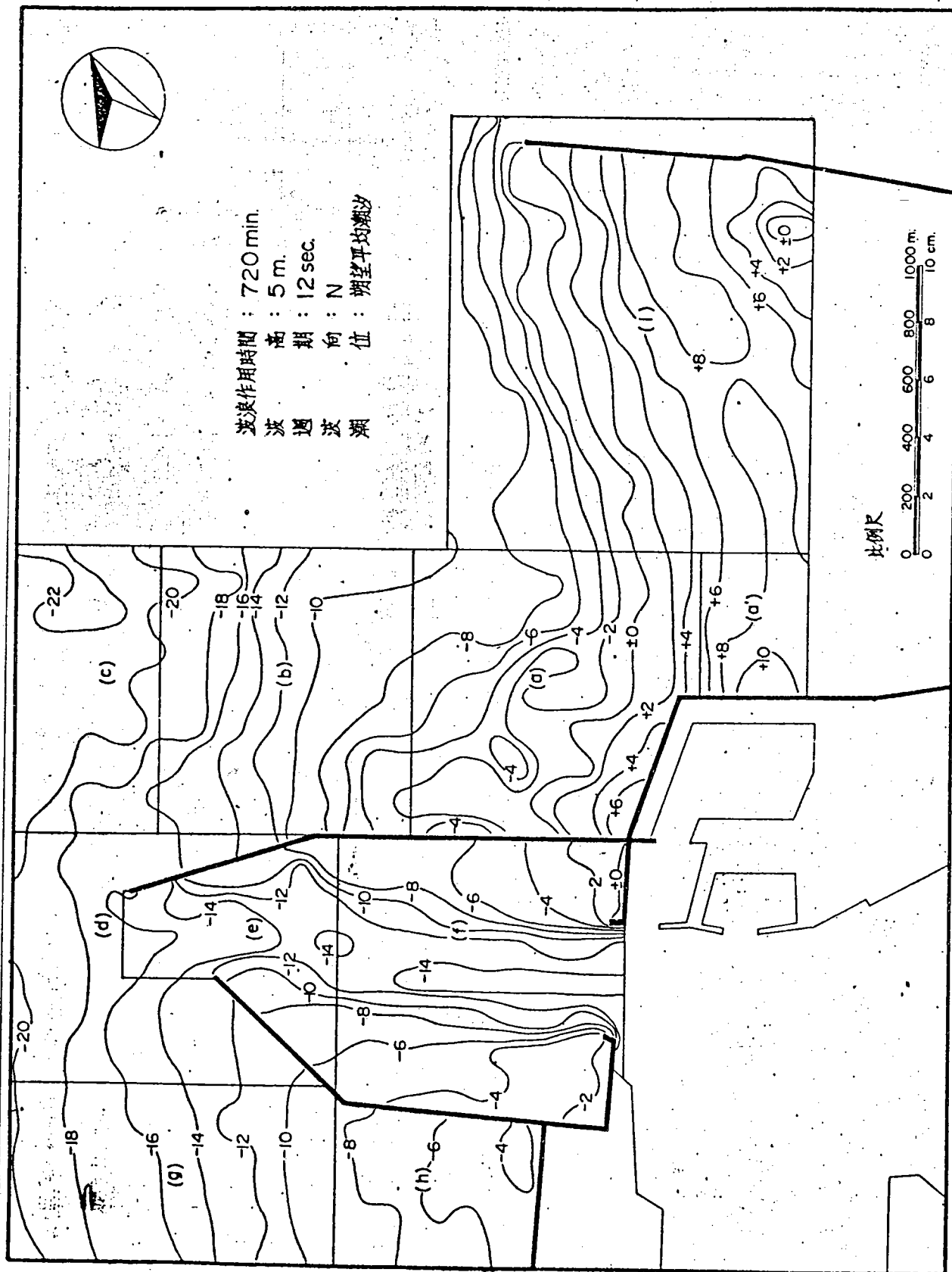
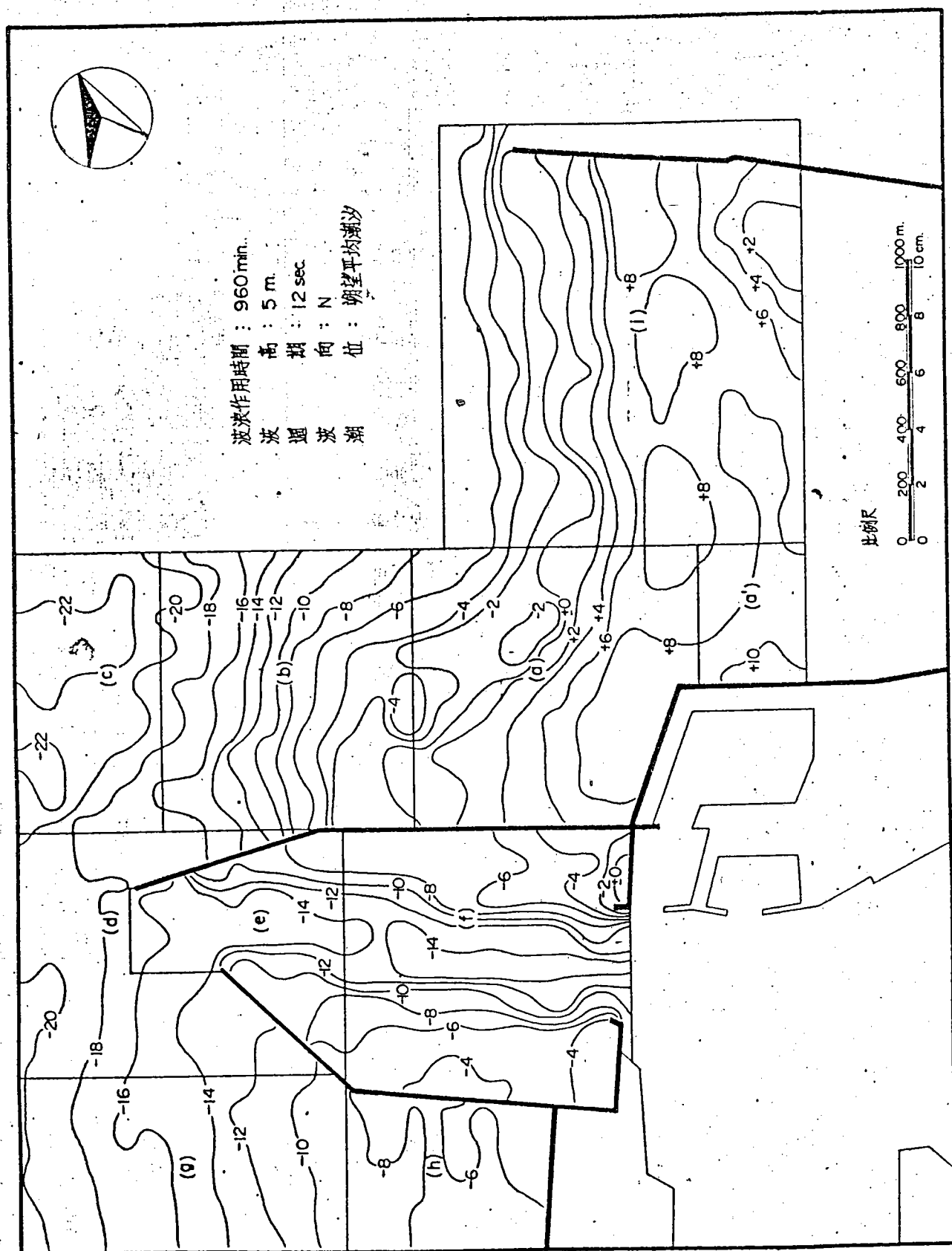
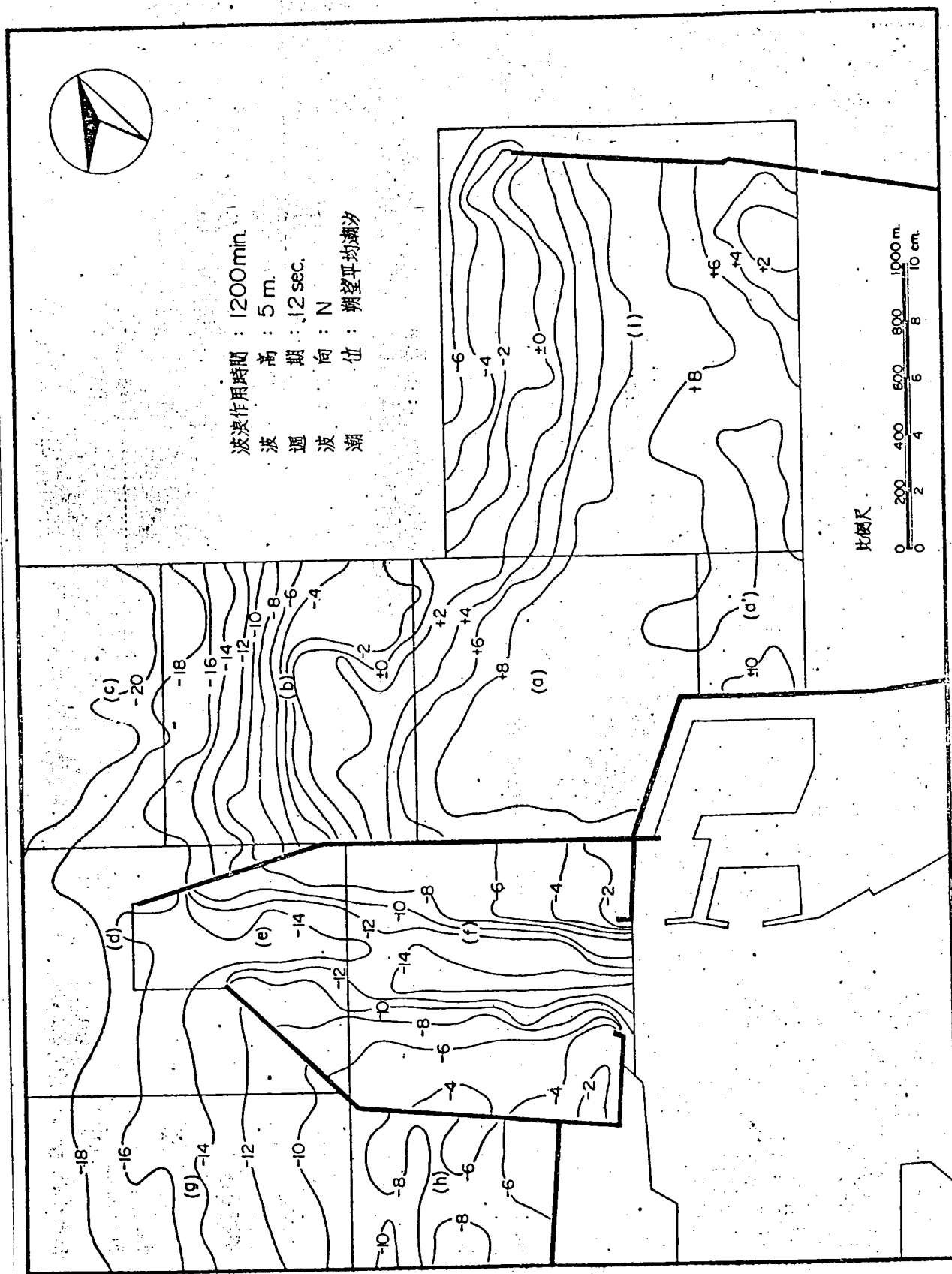


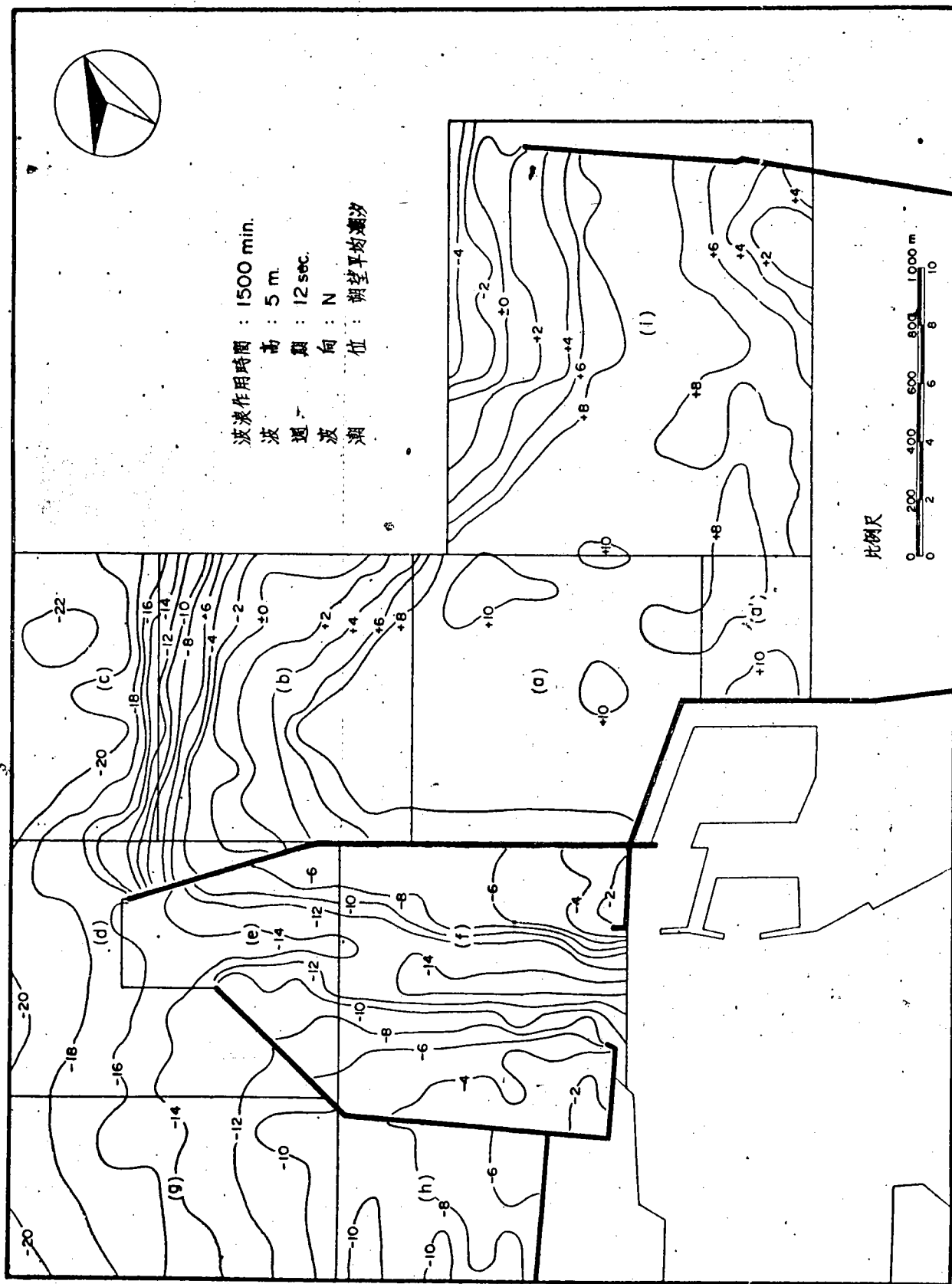
圖 2-20 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗 A)



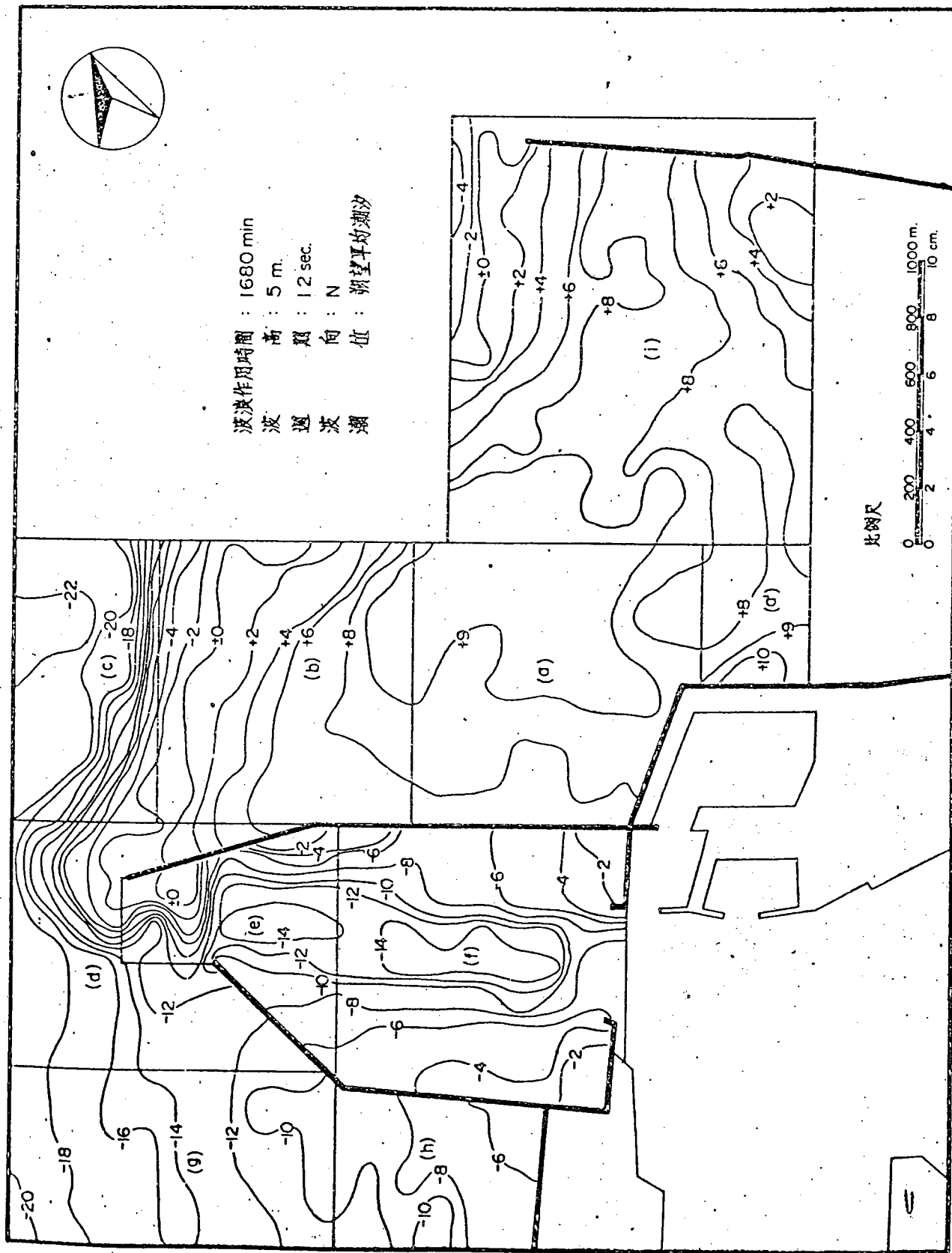
圖十二 (a) 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗A)



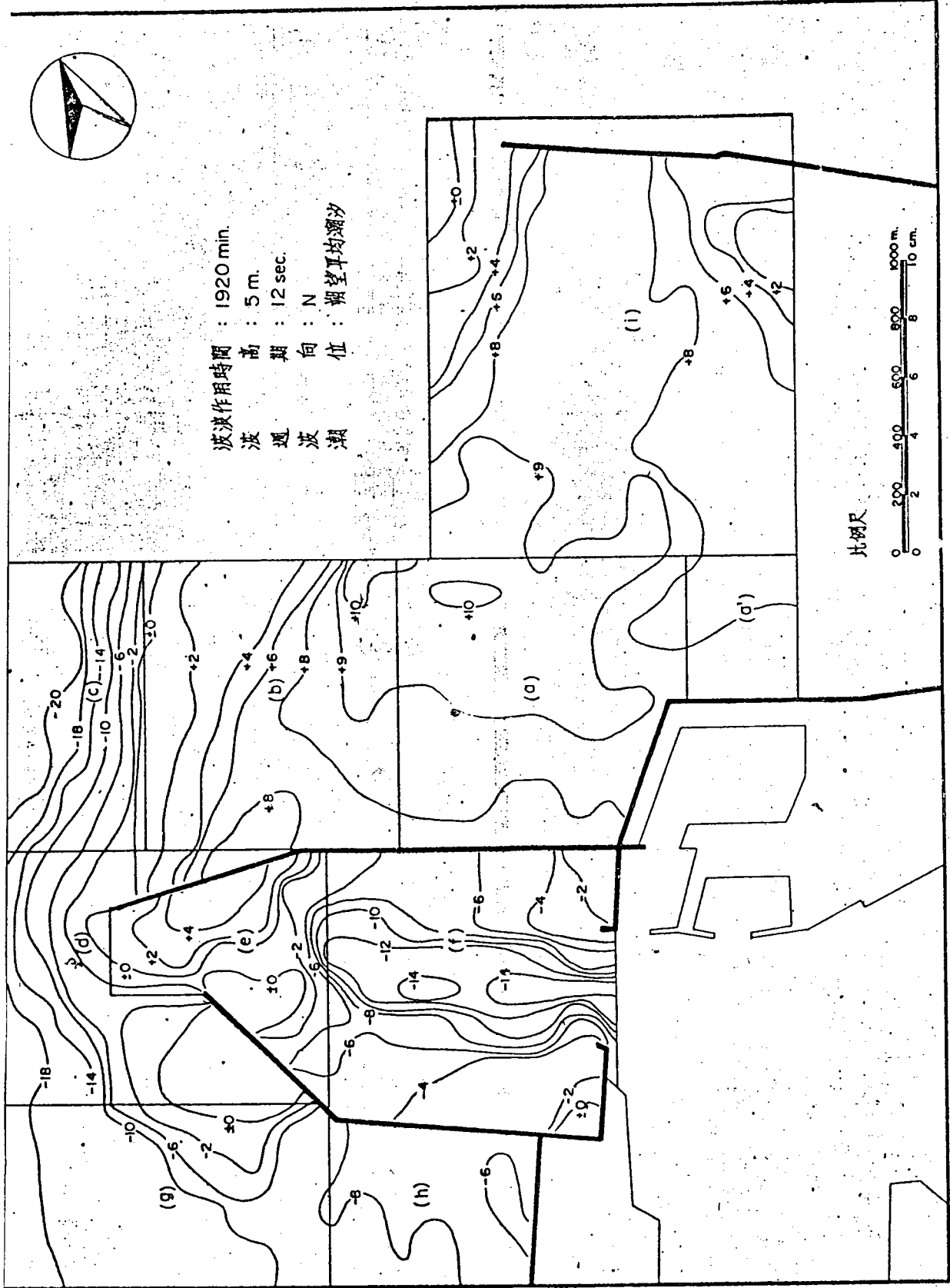
圖十二 防波堤附近海底地形變化圖 (掃置試驗A)



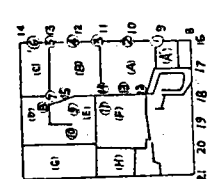
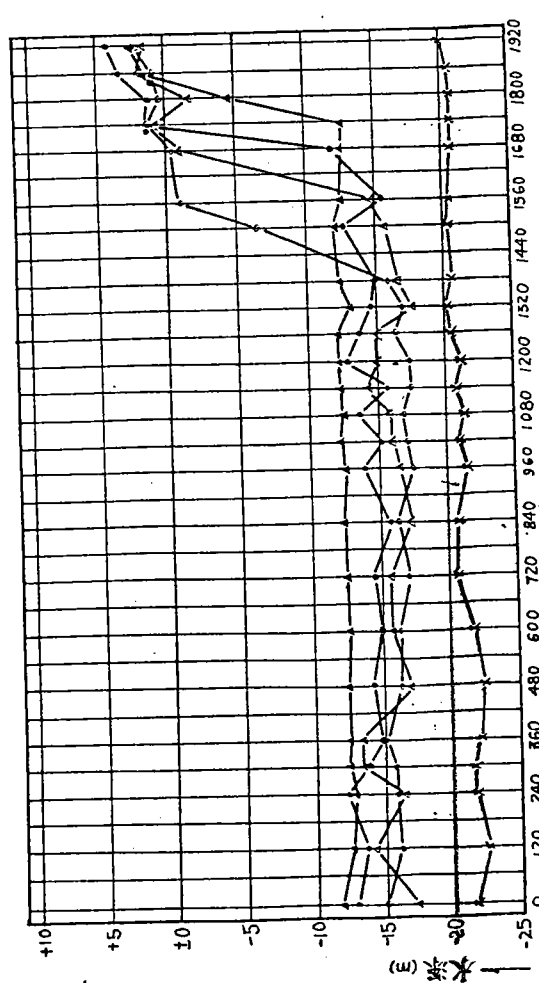
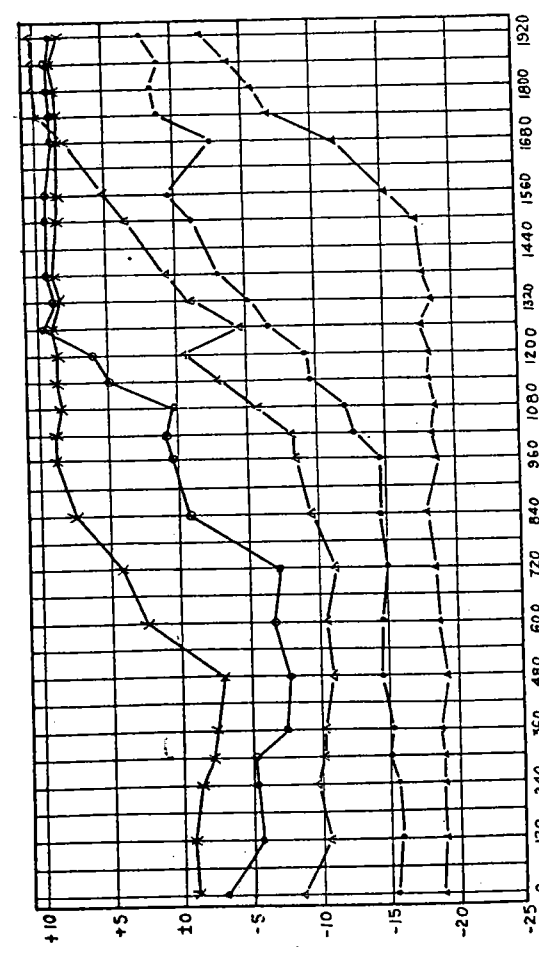
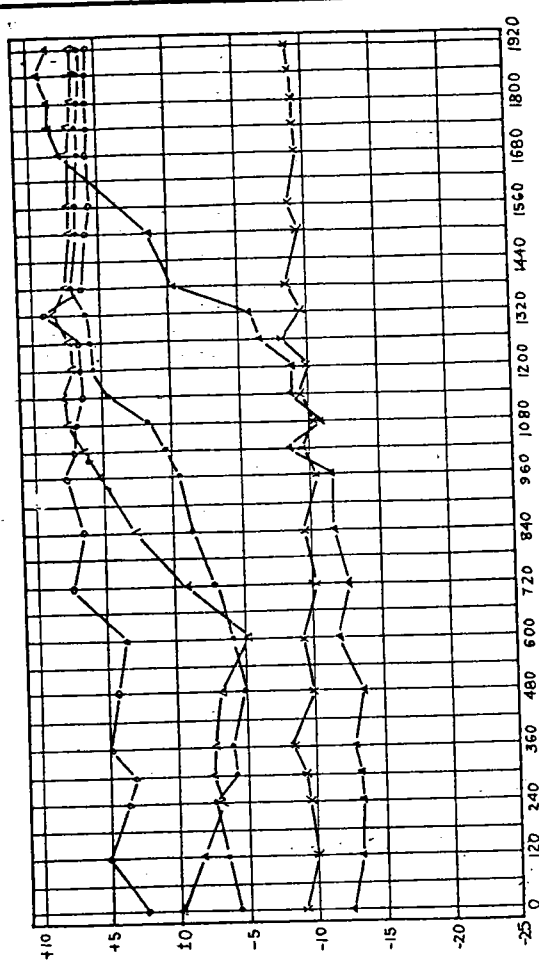
圖十二 (a) 防波堤附近海床地形變化圖 (佈置試驗A)



圖十二 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗A)



圖十二 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗A)

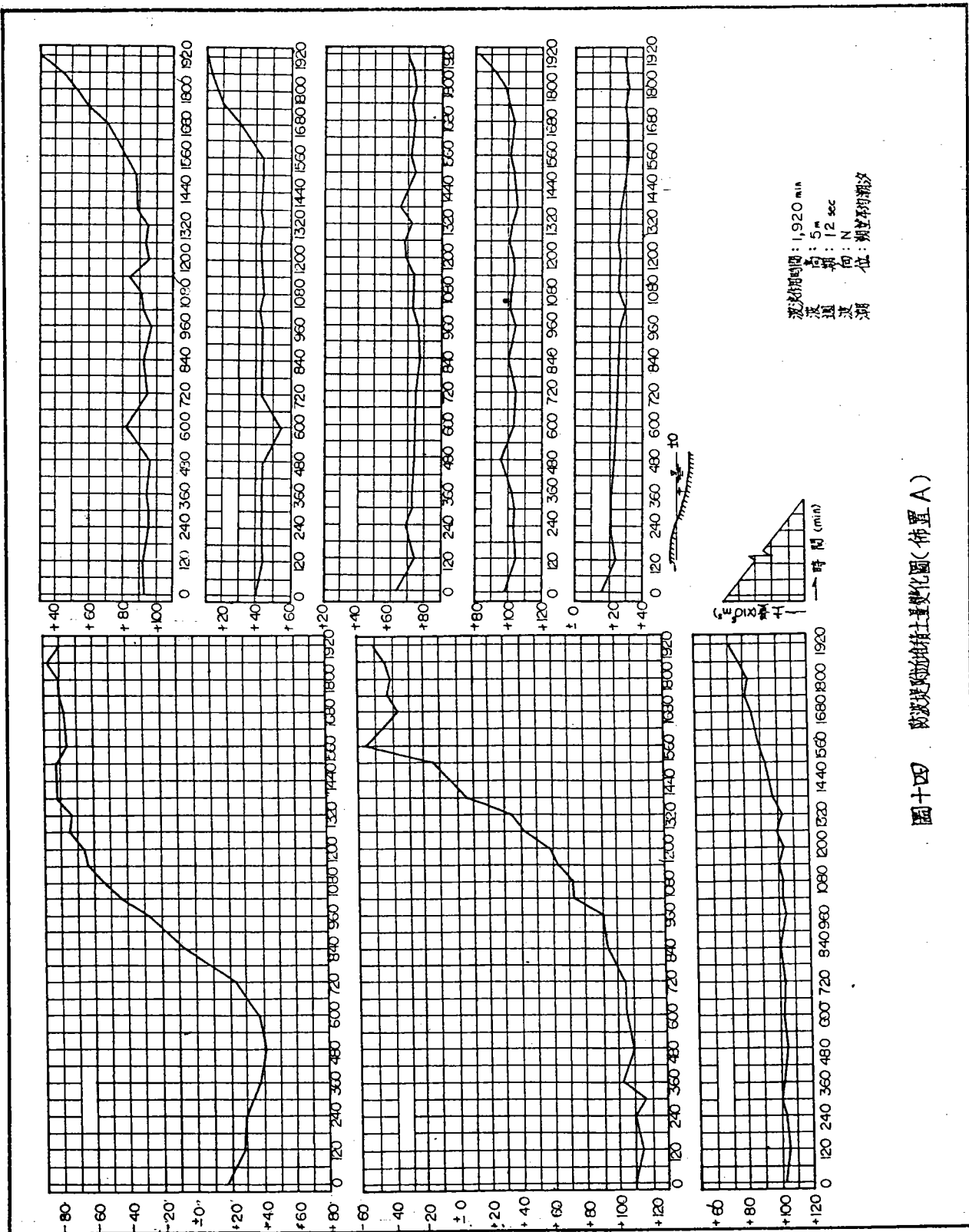


- X — 1 6 11
- 0 — 2 7 12
- Δ — 3 8 13
- • — 4 9 14
- ▲ — 5 10 15

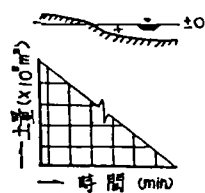
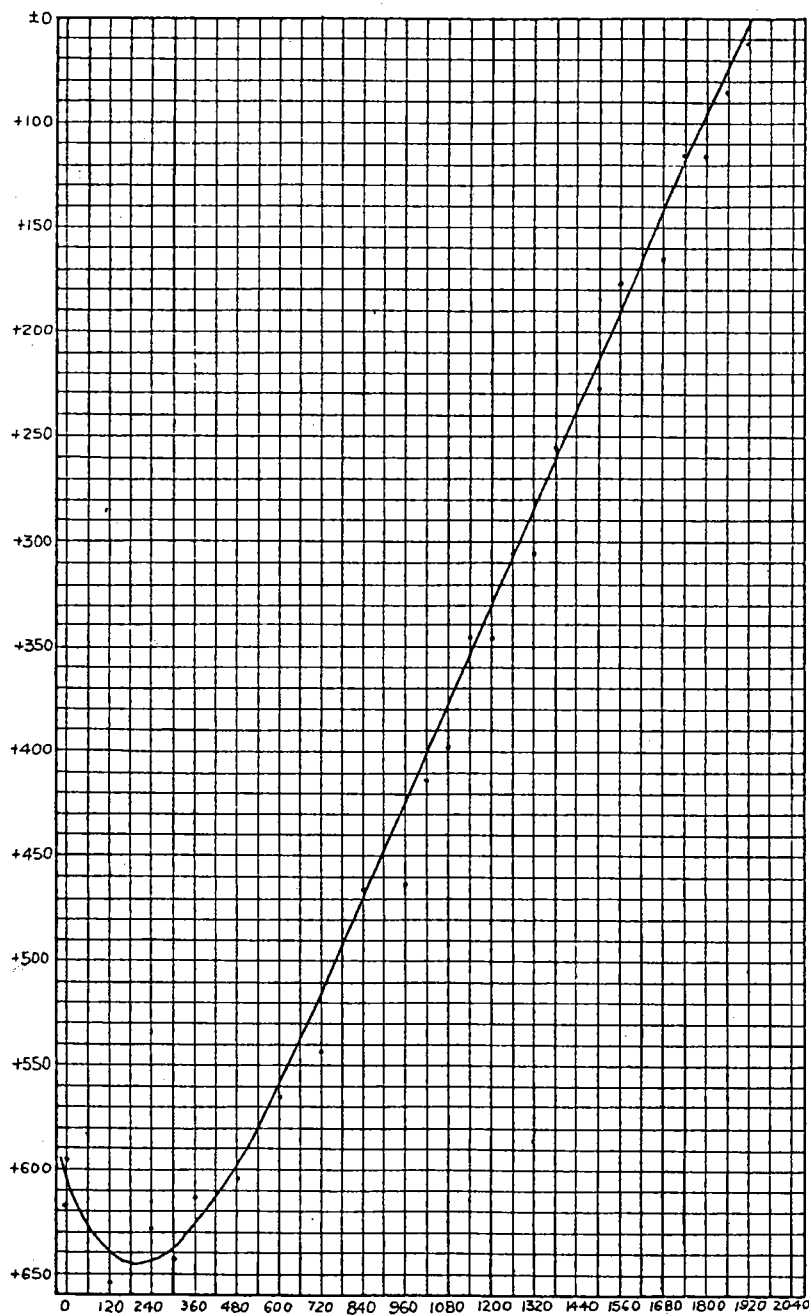
波用時間: 1920 min
 高: 5m.
 期: 12 sec
 何: N
 位: 湖登車列歩

— 時間(min)

圖十三 防波堤附近主要水深變化圖(佈置 A)



圖十四 防護堤附加地土量變化圖(佈置 A)



波浪時間: 1920 min
 波高: 5m
 波週期: 12 sec
 向: 潮
 位: 潮望平均潮汐

圖十四 防波堤附近土量變化圖(佈置A)

表 二

時間 事項		0 ~ 480 min	480 ~ 960 min
水 深 變 化	1	逐漸刷深 1.9 m	急劇淤積 12 m
	2	急劇刷深 4.6 m	720 分鐘後急劇淤積 8.2 m
	3	刷深 2.1 m	淤淺 2.6 m
	4	至 120 分鐘刷深後緩慢變淺 0.9 m	無顯著變化
	5	無顯著變化	"
	6	"	"
	7	刷深 1.4 m	"
	8	360 分鐘時逐漸變淺 3.8 m 再急劇冲刷 3.4 m	"
	9	變深 1.6 m	"
	10	無顯著變化	"
	11	"	"
	12	淤淺 1.9 m	淤淺 3.2 m
	13	變深 3.2 m	600 分鐘後急劇變淺 8.2 m
	14	無顯著變化	變淺 4.4 m
	15	變深 1 m	變淺 1.9 m

	960 ~ 1380 <i>min</i>	1380 ~ 1920 <i>min</i>
	無顯著變化	無顯著變化
<i>m</i>	1080 分鐘後急劇淤淺 8.8 <i>m</i>	"
	急劇淤淺到 1200 分鐘後又變深然後再度淤淺計 8.9 <i>m</i>	1740 分鐘前急劇變淺，以後則變化較小淤淺 9.4 <i>m</i>
	有規則地淤淺 11.2 <i>m</i>	急劇淤淺 19.7 <i>m</i>
	淤淺 1.1 <i>m</i>	無顯著變化
	淤淺 1 <i>m</i>	1740 分鐘時急劇淤淺然後變化較微，計淤淺 17.8 <i>m</i>
	淤淺 1.5 <i>m</i>	1560 分鐘 ~ 1740 分鐘水深急劇變淺 14.4 <i>m</i> 到 1920 分鐘時淤淺 18 <i>m</i>
	無顯著變化	1680 分鐘 ~ 1740 分鐘急劇淤淺 13.2 <i>m</i> 到 1920 分鐘時其淤淺 19.2 <i>m</i>
	淤淺 1.1 <i>m</i>	1740 分鐘後水深急劇變淺，其淤淺 14.2 <i>m</i>
	無顯著變化	無顯著變化
	淤淺 2.1 <i>m</i>	"
	變深 1.3 <i>m</i>	"
	淤淺 2.6 <i>m</i>	"
	急劇淤淺至 1200 分鐘後變化較小計淤淺 7.7 <i>m</i>	"
	1200 分鐘後急劇淤淺 11.4 <i>m</i>	1500 分鐘 ~ 1560 分鐘水深急劇變淺 1920 分鐘後其淤淺 8.6 <i>m</i>

表 二

時間 事項		0 ~ 480 min	480 ~ 960 min
土 量 變 化	A	最初 120 分鐘以 $5 \times 10^6 m^3/hr$ 減少，減少 $22 \times 10^6 m^3$	720 分鐘 ~ 960 分鐘時以 $15 \times 10^6 m^3/hr$ 最大速率急劇增加 $79 \times 10^6 m^3/hr$
	B	240 分鐘時最大以 $7.5 \times 10^6 m^3/hr$ 減少，300 分鐘後再以 $5.7 \times 10^6 m^3/hr$ 增加恢復初期地形	增加 $20 \times 10^6 m^3/sec$
	C	減少 $3.7 \times 10^6 m^3$	無顯著變化
	D	減少 $4.7 \times 10^6 m^3$	600 分鐘時土砂量以 $8 \times 10^6 m^3$ 率先增加再減少土砂量僅減少 $10^6 m^3$
	E	減少 $5 \times 10^6 m^3$	600 分鐘時先以 $5 \times 10^6 m^3/hr$ 720 分鐘時再以 $6 \times 10^6 m^3/hr$ 加，增加 $12 \times 10^6 m^3$
	F	最初 120 分鐘以 $5 \times 10^6 m^3/hr$ 減少以後變化較少減少 $11 \times 10^6 m^3$	840 分鐘時土砂量增加 $3 \times 10^6 m^3$ 即急劇以 $3.5 \times 10^6 m^3/hr$ 速率減少 $4 \times 10^6 m^3$
	G	土砂量增加 $3 \times 10^6 m^3/hr$	600 分鐘時土砂量減少 $7 \times 10^6 m^3$ 後即無多大變化
	H	最初 120 分鐘以 $3 \times 10^6 m^3/hr$ 速率減少以後土砂量變化較少減少 $6 \times 10^6 m^3$	減少 $5 \times 10^6 m^3$
	I	最初 120 分鐘以 $7 \times 10^6 m^3/hr$ 速率減少 120 分鐘以後以 $5 \times 10^6 m^3/hr$ 速率增加，增加 $39 \times 10^6 m^3$	460 ~ 600 分鐘時以 $15 \times 10^6 m^3/hr$ 最大速率增加至 840 分鐘時土砂量無多大變化，增加 $69 \times 10^6 m^3$
	全區	最初 120 分鐘以 $30 \times 10^6 m^3/hr$ 速率減少，以後逐漸增加總量減少 $10 \times 10^6 m^3$	720 ~ 840 分鐘時以 $37 \times 10^6 m^3/hr$ 最大速率增加，增加 $40 \times 10^6 m^3$

	960 ~ 1380 min	1380 ~ 1920 min
增加	以 $6.2 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，土砂量增加 $43 \times 10^5 m^3$	無顯著變化
	以 $12 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，土砂量增加 $82.3 \times 10^5 m^3$	至 1560 分鐘時以 $20 \times 10^5 m^3/hr$ 最大速率增加，增加 $58.4 \times 10^5 m^3$
	增加 $7.4 \times 10^5 m^3$	增加 $27 \times 10^5 m^3$
$/hr$ 速率增加 $1 \times$	增加 $8 \times 10^5 m^3$	1500 分鐘後以 $8.2 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，增加 $57 \times 10^5 m^3$
減少速率增加	無顯著變化	1560 分鐘後以 $7.3 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，增加 $43.5 \times 10^5 m^3$
$10^5 m^3$ 後速率減少	增加 $11.3 \times 10^5 m^3$	無顯著變化
$10^5 m^3$	減少 $2.8 \times 10^5 m^3$	1800 分鐘後以 $9.5 \times 10^5 m^3/hr$ 最大速率增加，增加 $26 \times 10^5 m^3$
	無顯著變化	減少 $10^5 m^3$
m^3/hr 土砂量	以 $6.8 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，土砂量增加 $47.8 \times 10^5 m^3$	增加 $27 \times 10^5 m^3$
$10^5 m^3/hr$ $10^5 m^3$	以 $30 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，增加 $207 \times 10^5 m^3$	以 $26 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，增加 $235 \times 10^5 m^3$

(三) 佈置 B 試驗結果

佈置 A 經過試驗結果顯示在初期地形（民國六十年）防波堤佈置波浪之波高及週期條件相同時於波浪 N 向作用下達定值之漂沙量 $230 \times 10^4 m^3/hr$ 恰為在 $N 15^\circ E$ 向波浪作用下達定值漂沙量 $115 \times 10^4 m^3/hr$ 之二倍，經與台中港務局總工程司討論研判後認為防波堤佈置在波浪 N 向作用情況下更能符合現場實際情況，故決定以後佈置 B 及佈置 C 防波堤修正漂沙檢核試驗波浪條件均採用 N 向波浪，謹將佈置 B 試驗結果概述如後

圖 15 $a \sim j$ 表示波浪作用後，防波堤附近地形變化

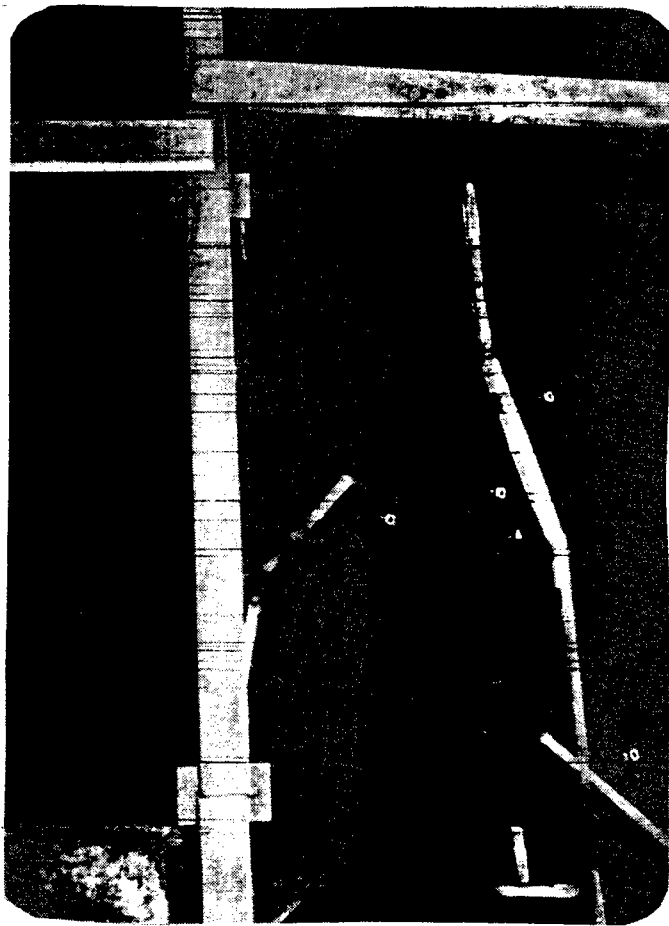
圖 16 表示波浪作用後各主要點之水深變化

圖 17 表示波浪作用後 $A \sim H$ 區土量變化

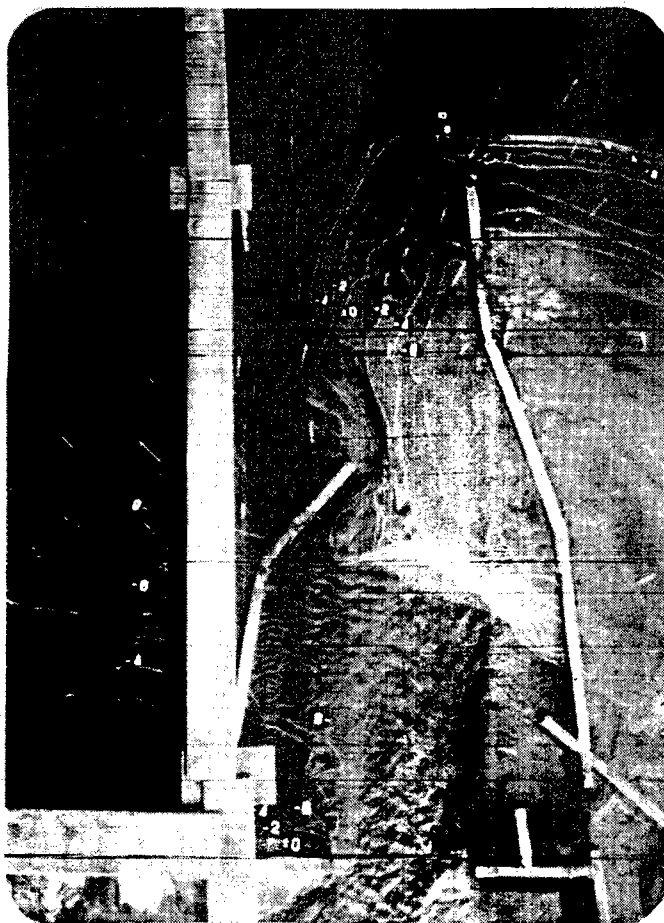
試驗各段時間之地形、水深、土量變化等摘要列如表 3

佈置 B 採用民國六十八年水深圖作為初期地形，北防波堤沿航道方向直線延長 600 公尺，在 N 波浪作用下於造波時間 240 分鐘時原北防波堤直線段堤址部份有侵蝕現象，北防波堤與北沙堤間 $\pm 0 m$ 水深線向陸側內移唯設置於大甲溪口河川輸沙形成之沙洲，已有部份到達北防沙堤，當波浪造波時間累積達 480 分鐘時沙洲已達北防波堤漁港北側。 $\pm 0 m$ 等深線開始向海側推進呈堆積現象，並超過北砂堤堤頭部份， $-10 m$ 等深線亦略向海側推移， $-20 m$ 等深線則沒有變動，造波時間達 720 分鐘時， $\pm 0 m$ 等深線則急劇向海側方向堆積且逐漸與 N 向波浪線垂直使得 $\pm 0 m$ 等深線與 $-10 m$ 等深線間坡度逐漸變陡， $-20 m$ 等深線則無多大變化，惟設置於大甲溪口南岸之河川輸沙，因北堤反射波浪之影響有部份漂沙則堆積於大甲溪口，當造波時間累積達 960 分鐘時漂沙已達原北防波堤斜線段中點，海底坡度急劇變陡，海岸線已與波峰線平行。

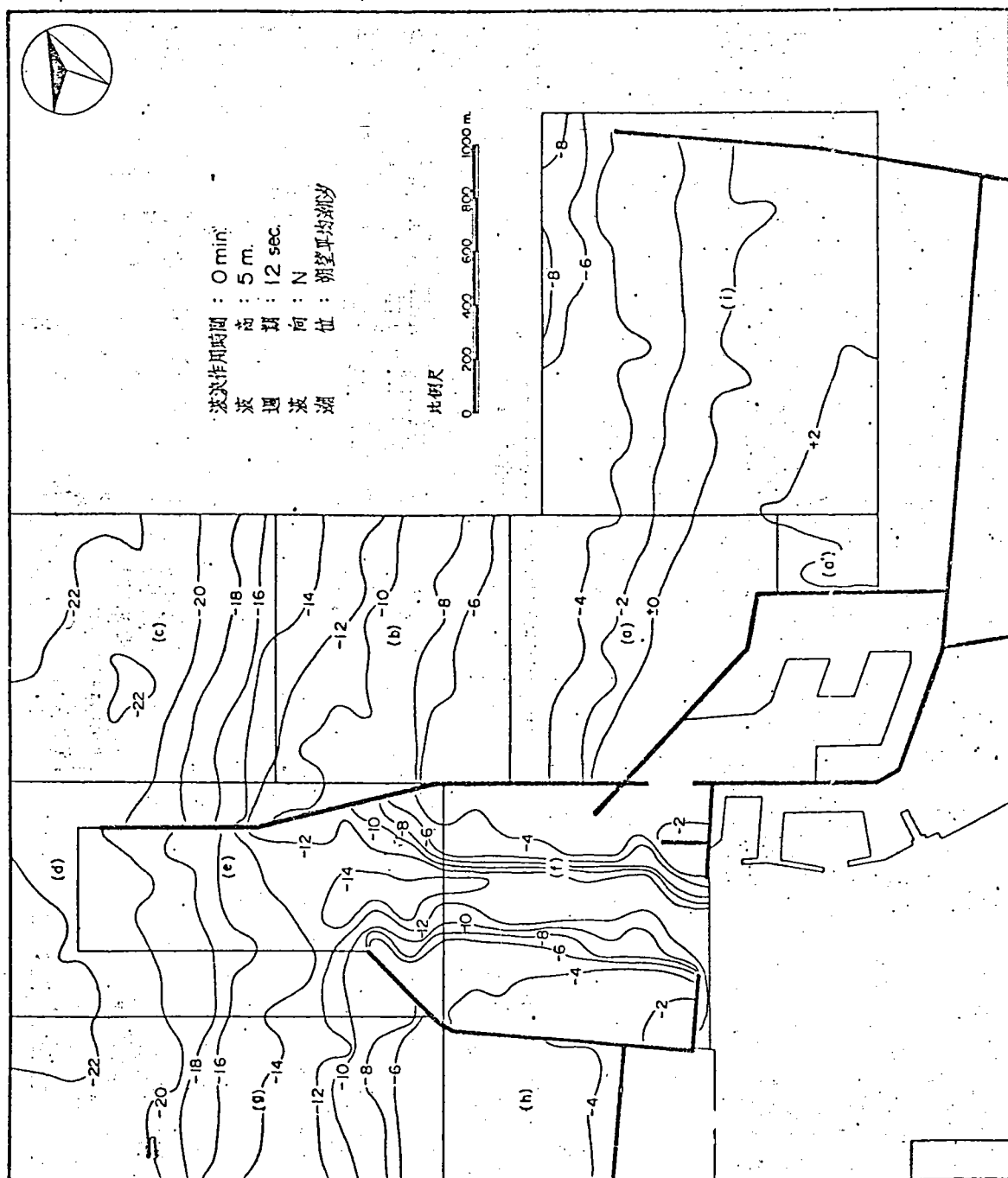
利用北防波堤反射波浪以帶動部份漂沙之效果。特別顯著致漂沙所形成之沙洲於靠近堤線部份略與北堤反射波浪波向線互相垂直， $-10 m \sim -20 m$ 等深線間距變短，惟 $-20 m$ 等深線與造波時間 720 分鐘時亦無明顯變化，此際因南堤側海岸受侵蝕之結果靠近大肚溪口北側已有明顯沙洲形成，當造波時間累積達 1200 分鐘時原北防波堤攔阻北來漂沙效果已達飽和 $\pm 0 m$ 等深線以下海底坡度急劇變陡，尤其是鄰近 $-10 m$ 等深線之海底坡度為甚，惟 $-20 m$ 等深線仍無多大變化。波浪造時間累積達 1440 分鐘時 $\pm 0 m$ 等深線至等深線 $-20 m$ 間形成一陡峻之坡度，等深線 $-10 m$ 線已達北防波堤延長線段終點，顯示延伸之防波堤



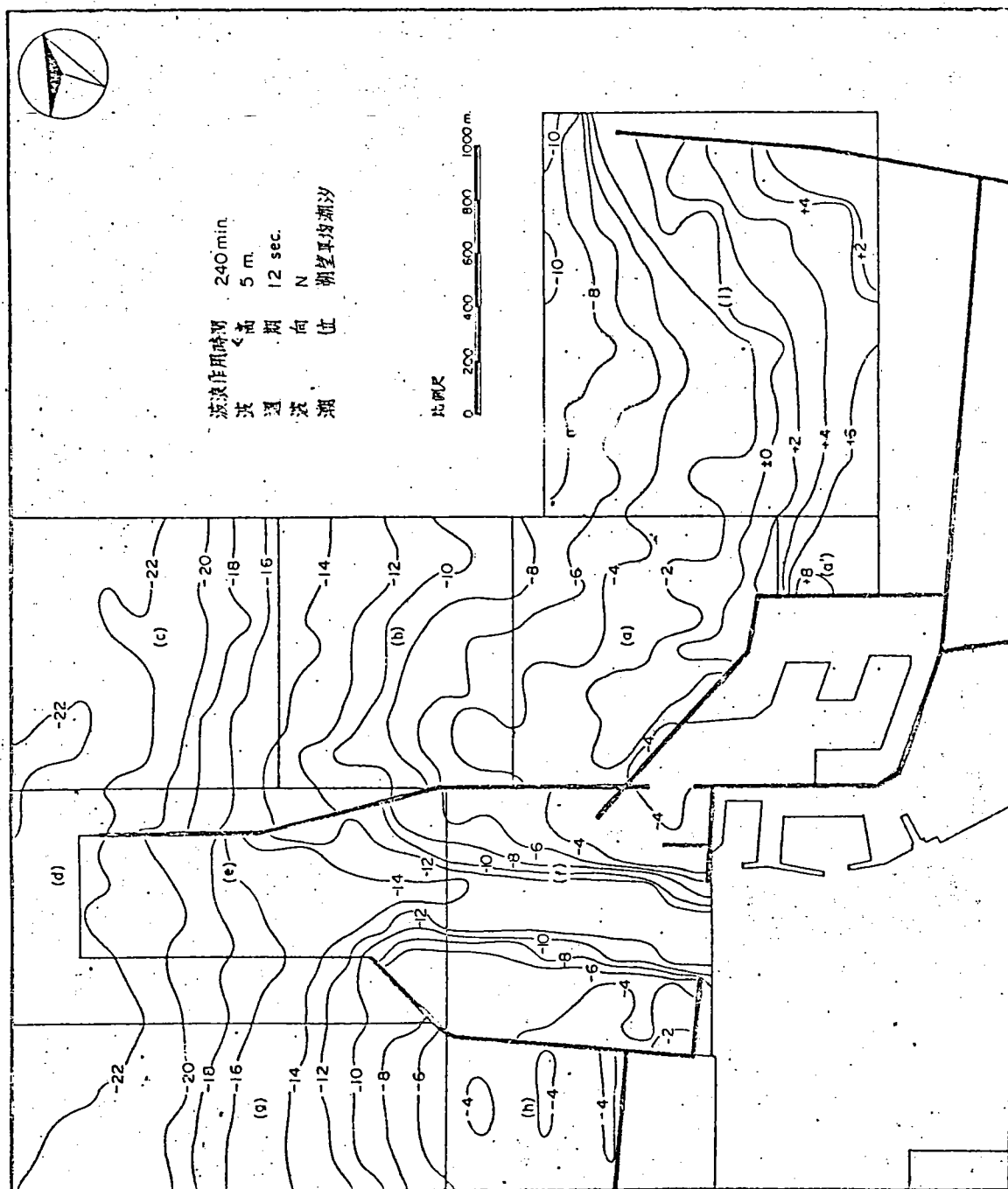
照片三佈置 B 初期地
形 (68. 年地形)



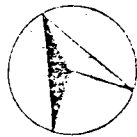
照片四佈置 B 造波
時間 2160 分
鐘時防波堤
附近地形



圖十五 (a) 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗 B)



圖十五、防波堤附近海底地形變化圖(佈置試驗)



波束作用時間：480 min.

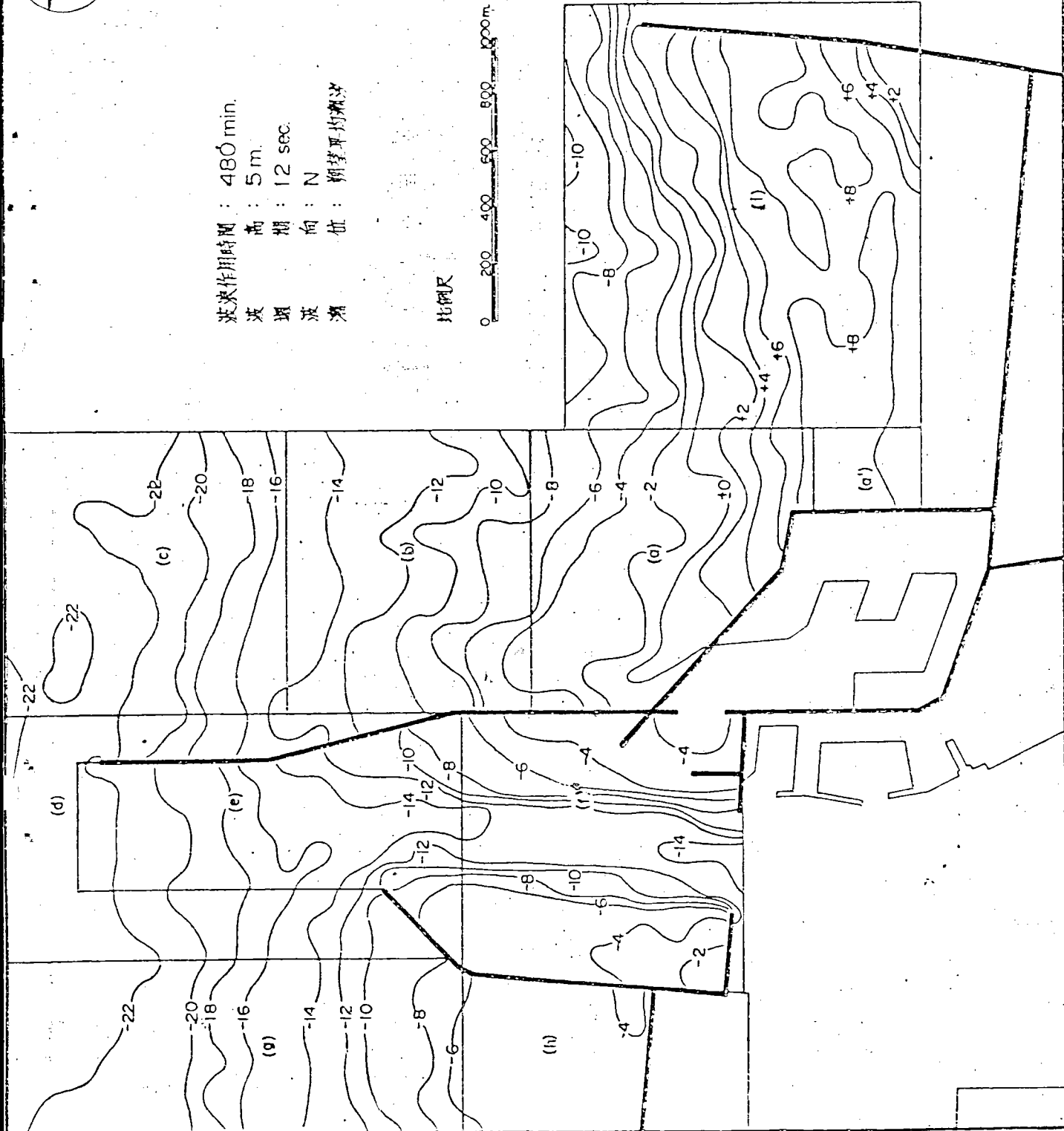
波高：5 m.

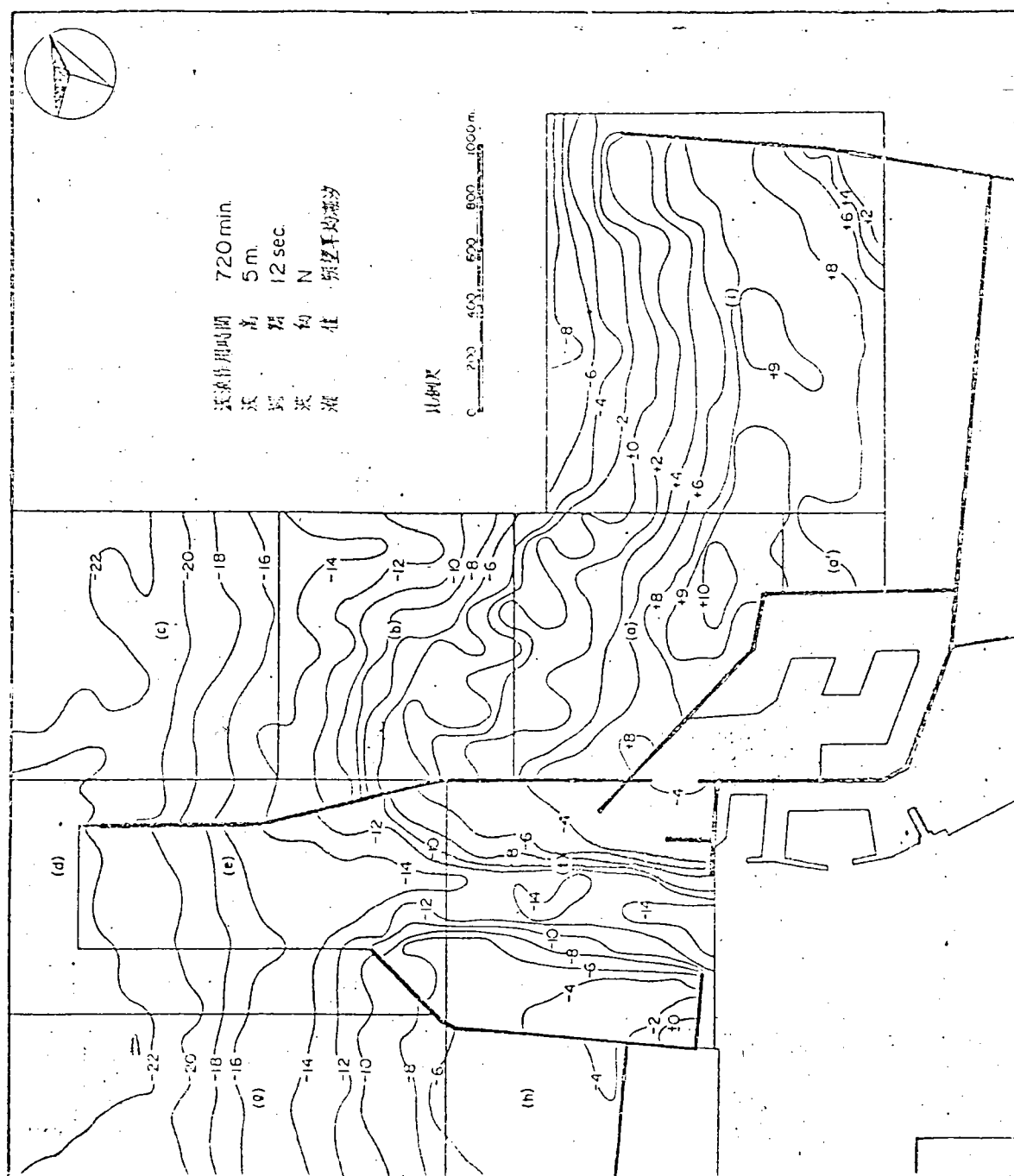
波期：12 sec.

波向：N

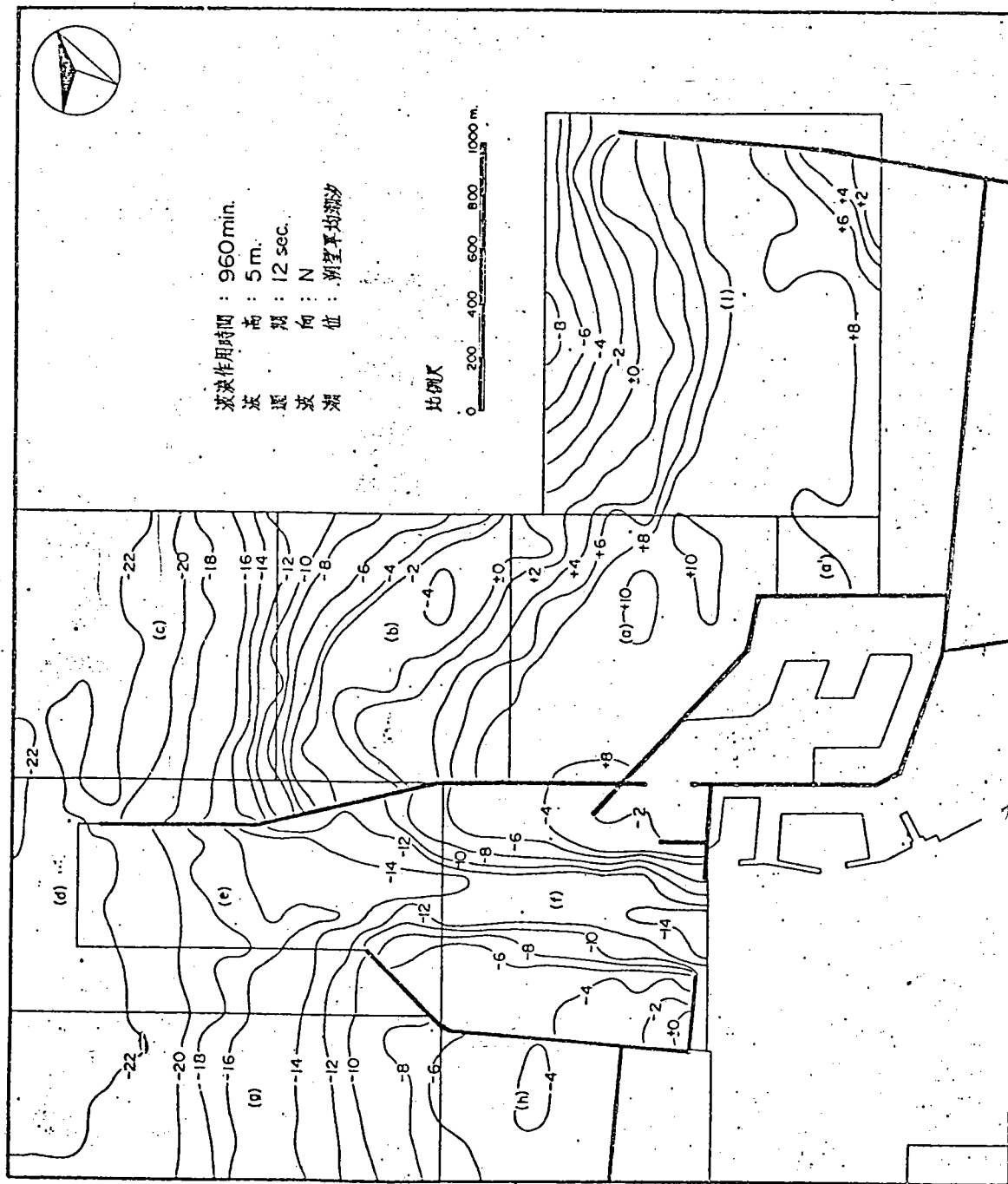
波位：期望平均灘線

比例尺

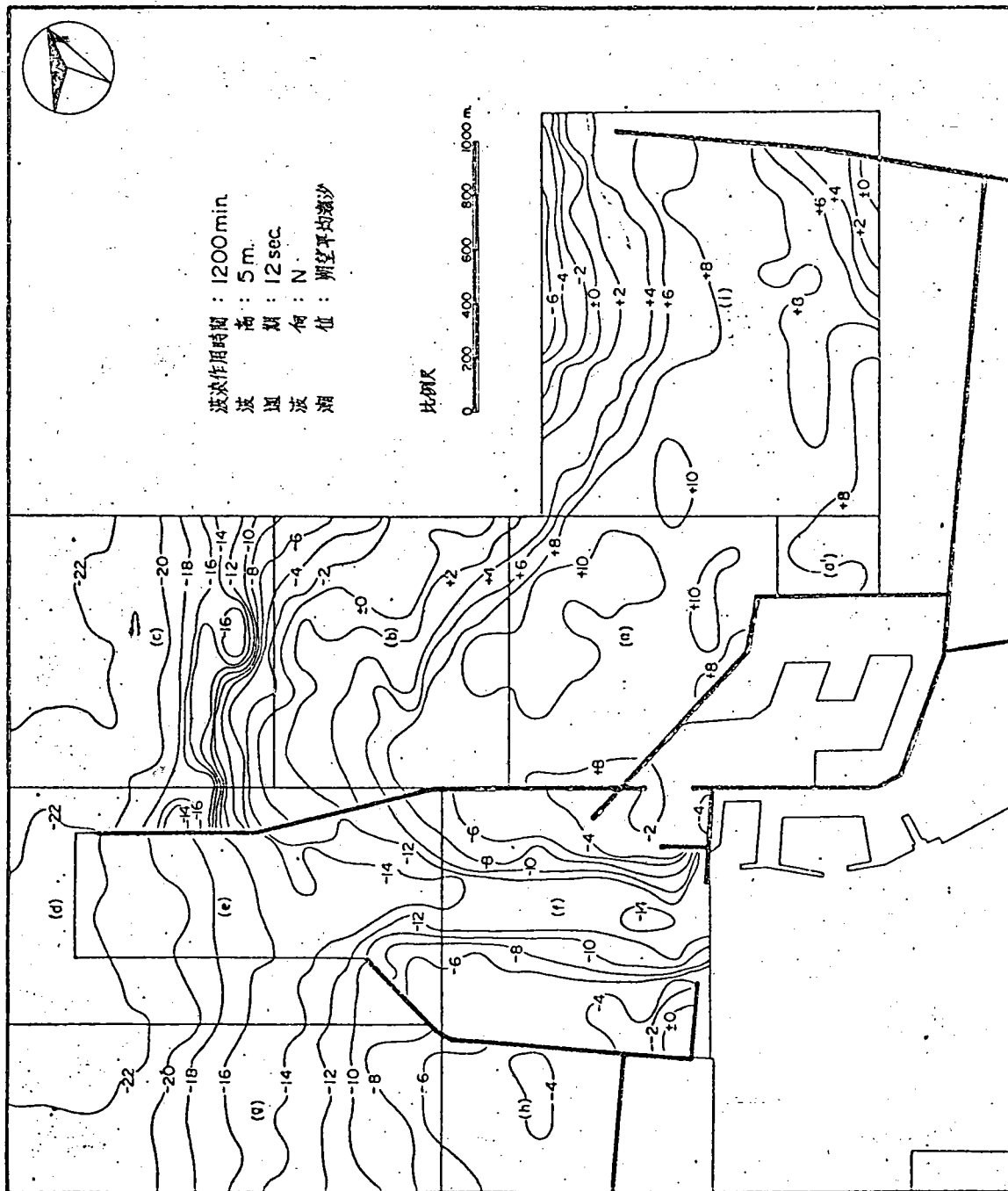




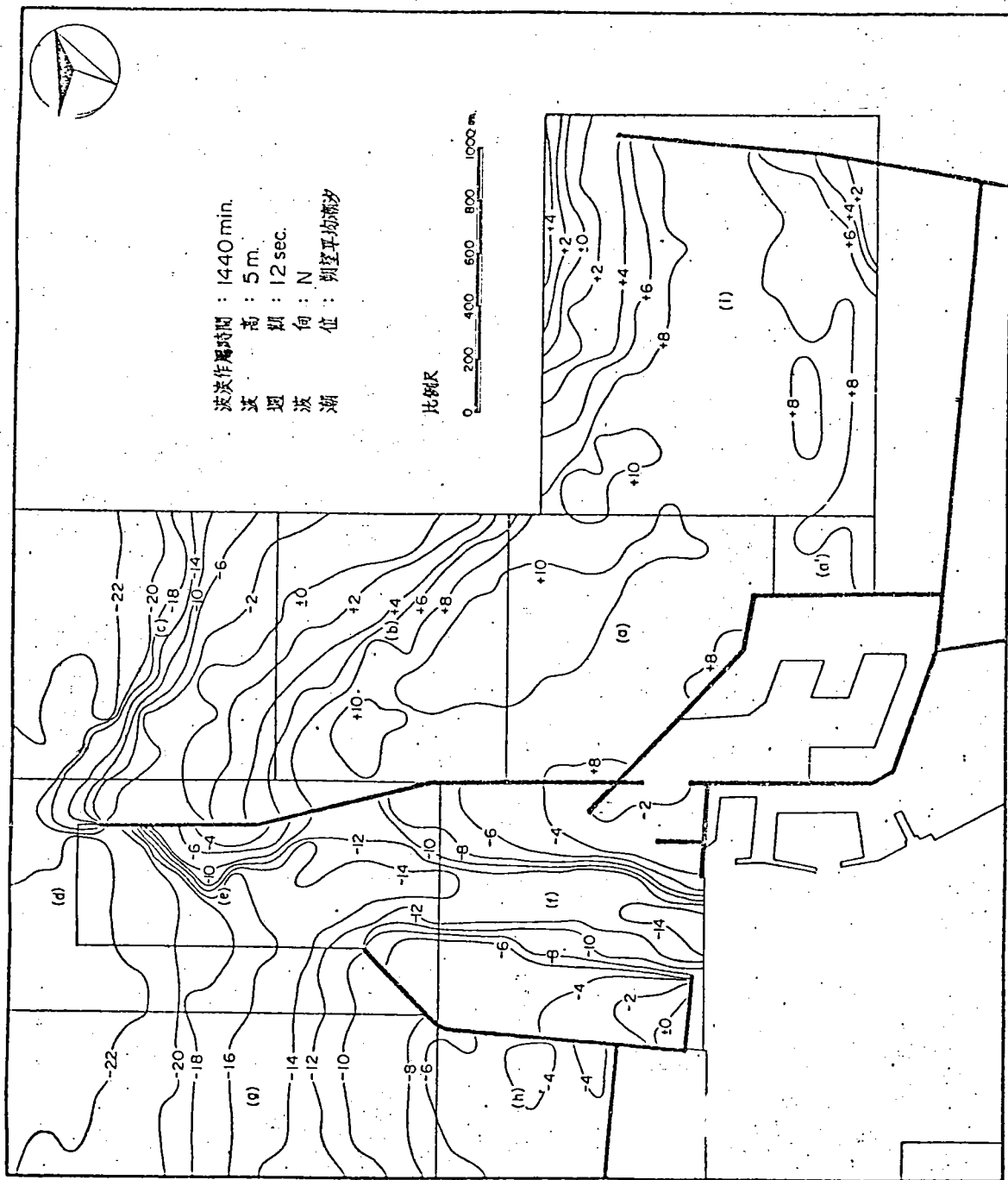
圖十五 防波堤附近海底地形變化區佈置試驗B)



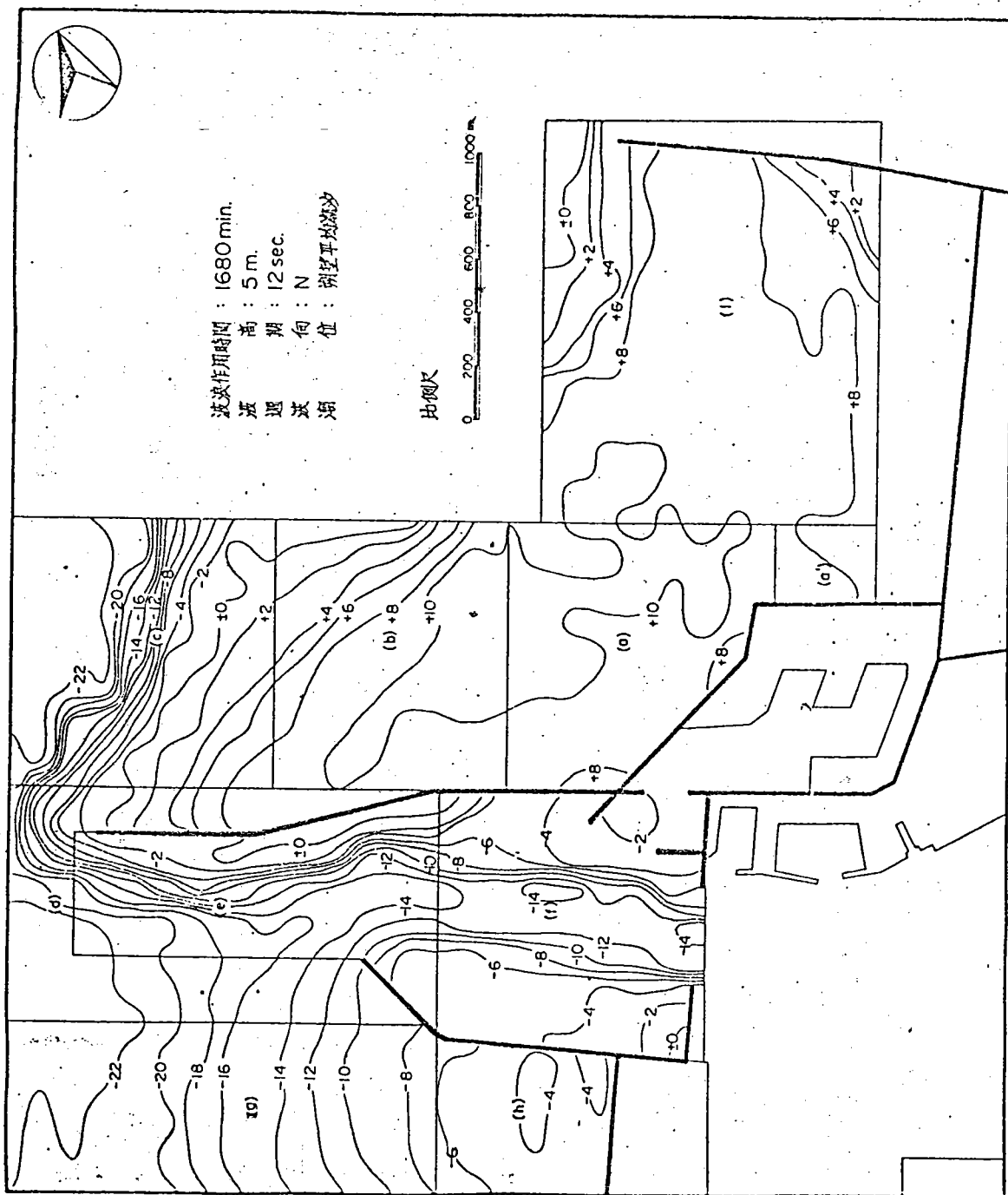
圖十五 (c) 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗 B)



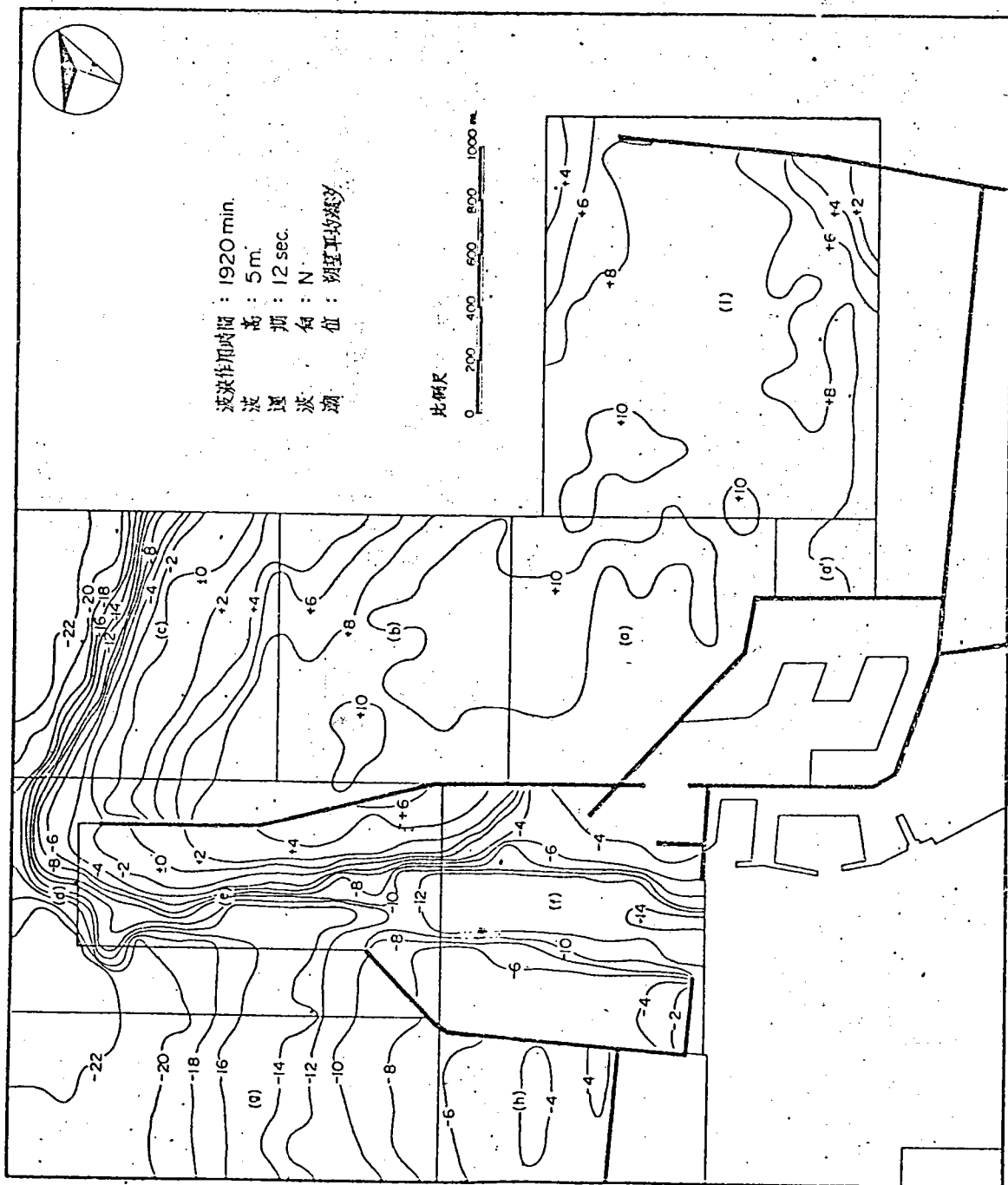
圖十五 防波堤附近海底地形變化圖(佈置試驗B)



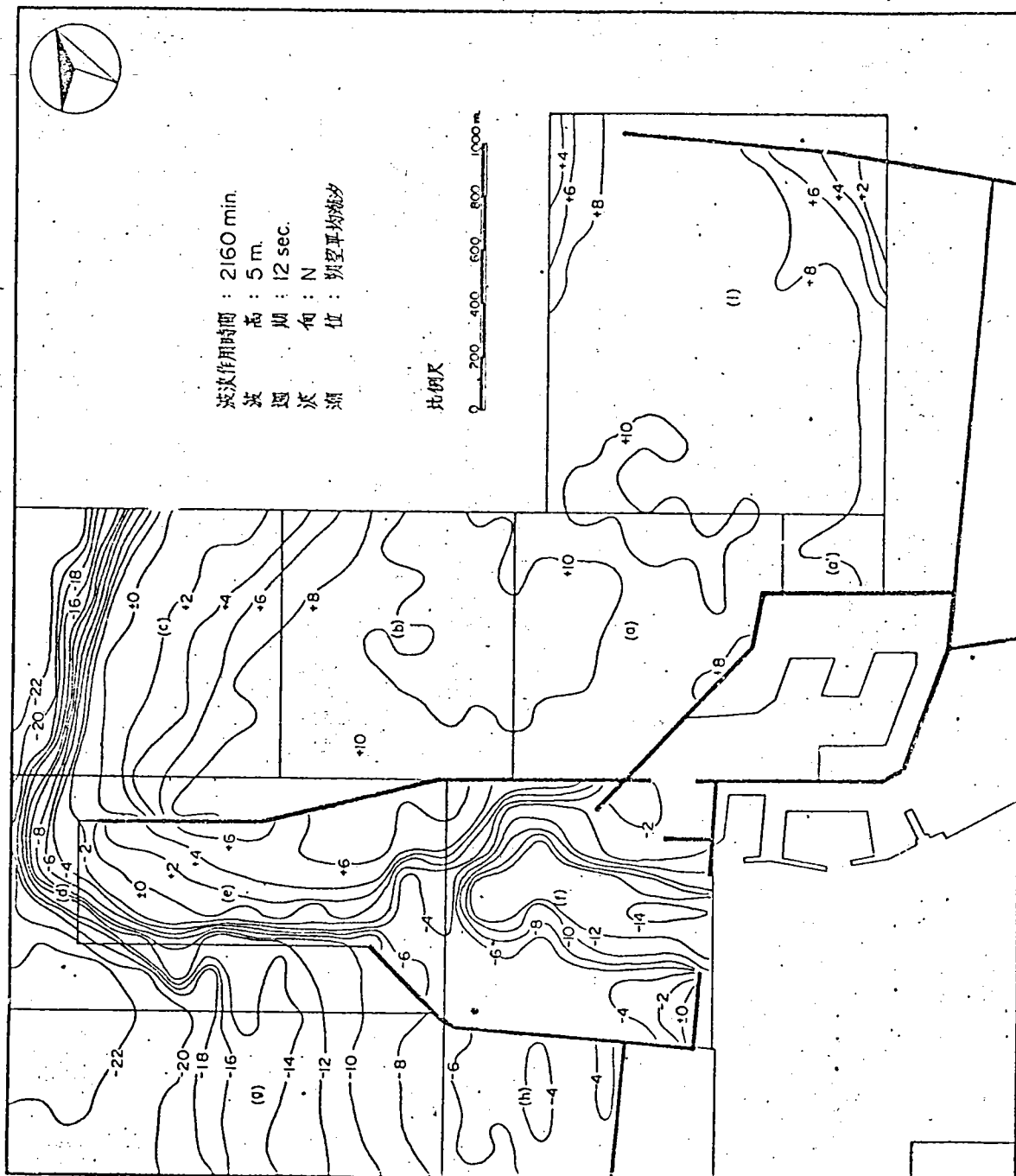
圖十五 (a) 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗 B)



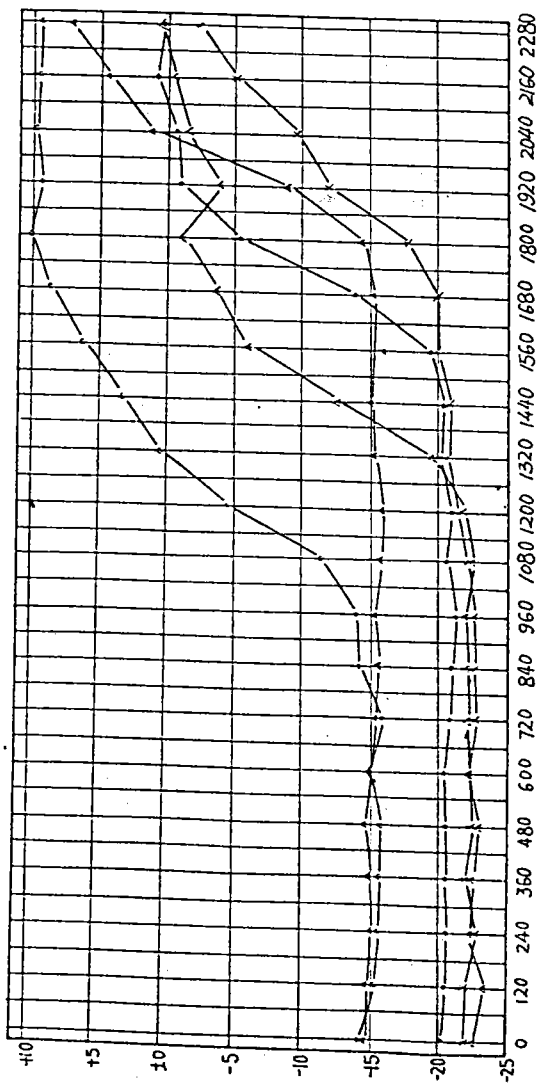
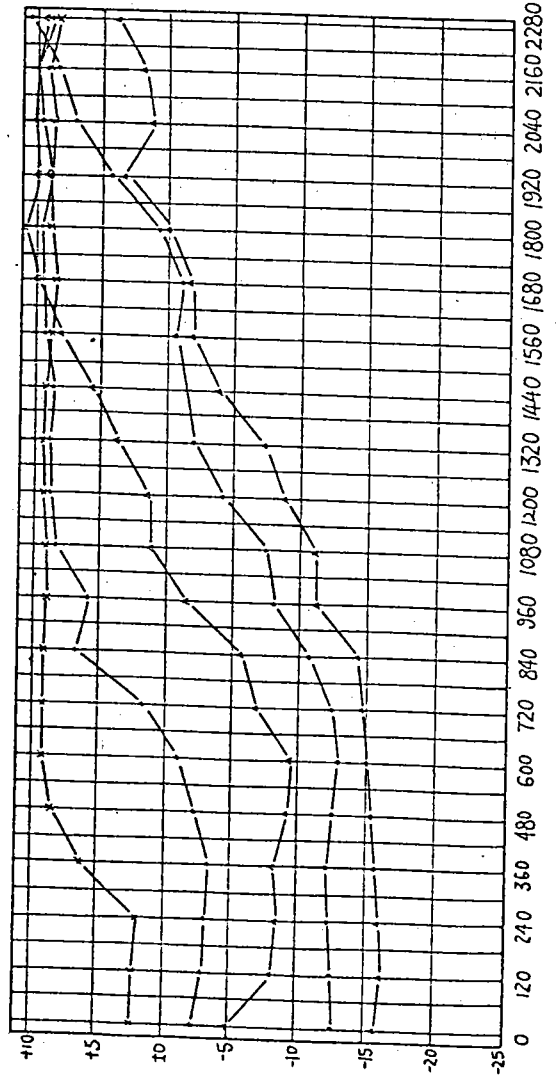
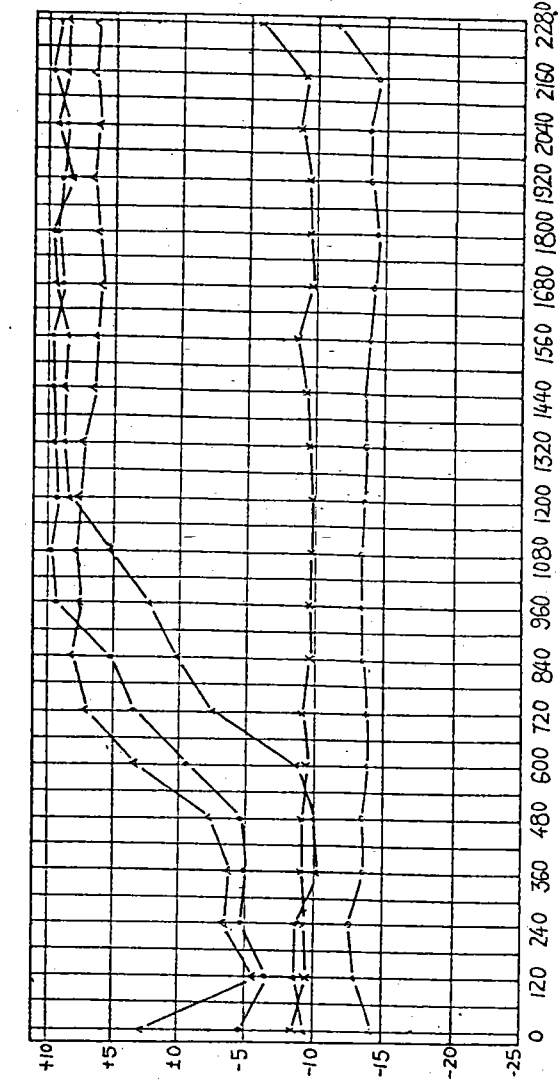
圖十五 (a) 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗B)



圖十五 (a) 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗 B)



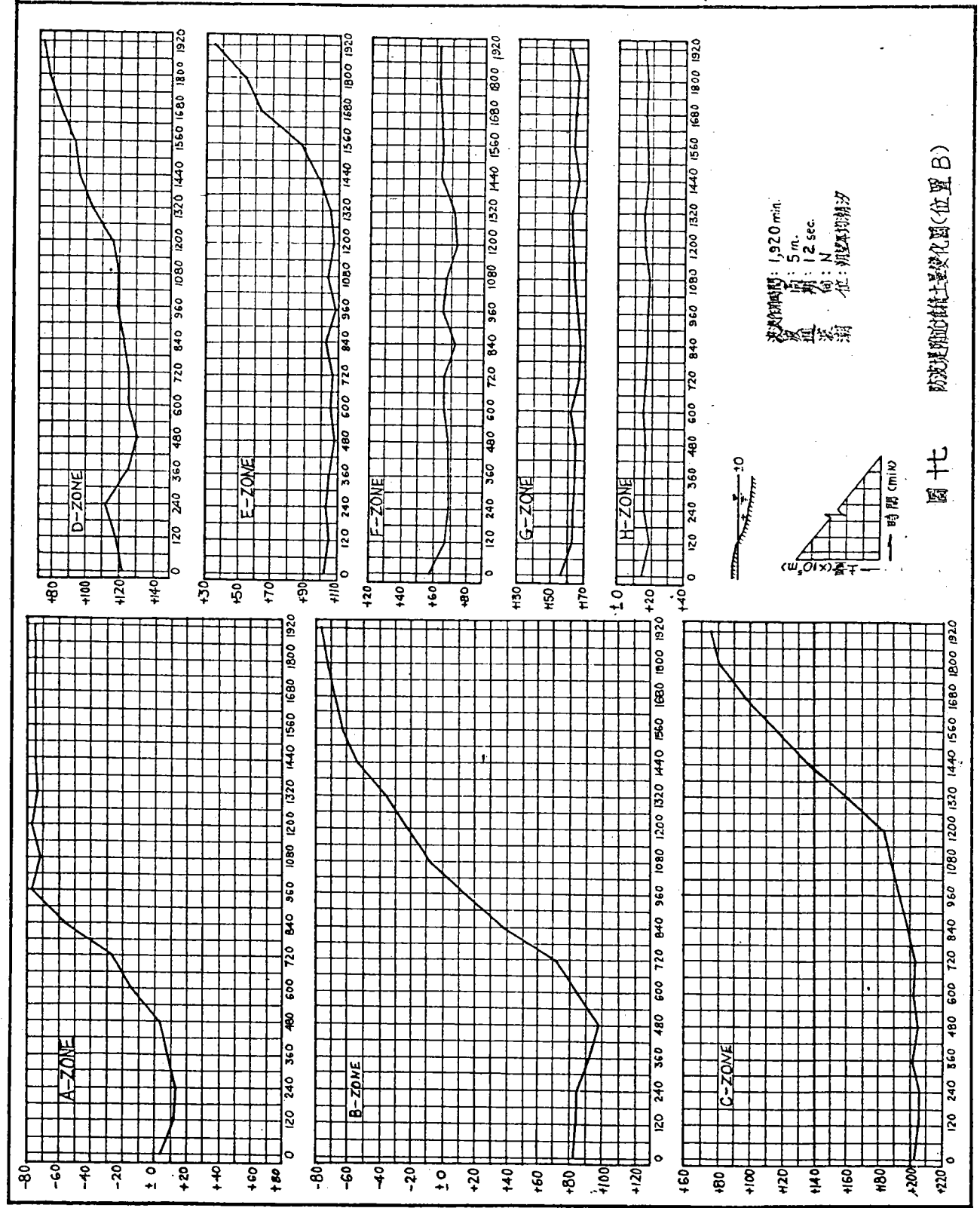
圖十五 防波堤附近海底地形變化圖 (佈置試驗B)



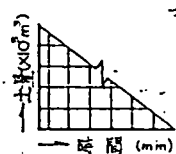
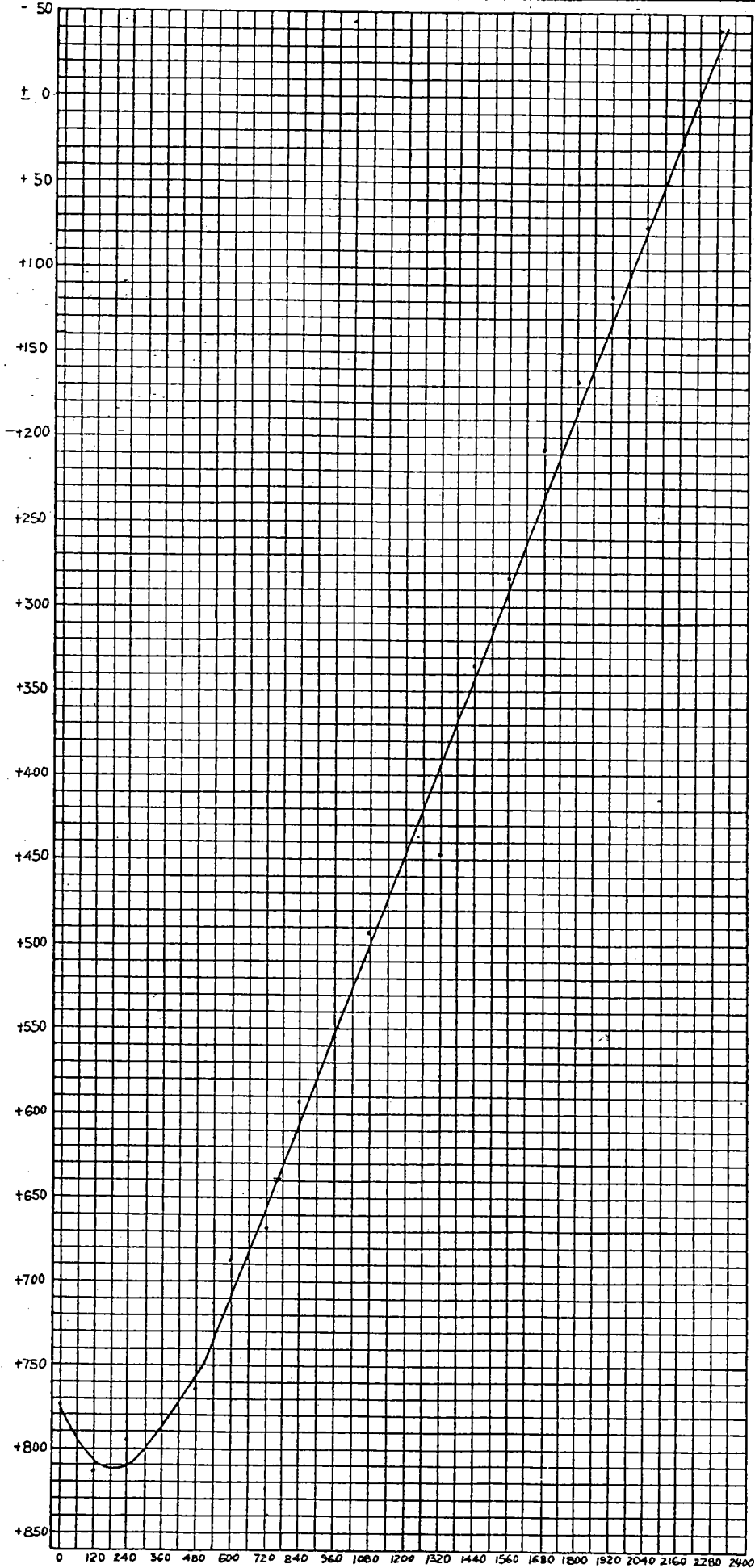
- x— 1 6 11
- o— 2 7 12
- Δ— 3 8 13
- :— 4 9 14
- ▲— 5 10 15

時間 (min)

圖十六 防波堤附近主要點水深變化圖 (佈置B)



圖十七 防護堤附近土壤含水量變化圖(位置 B)



波長時間: 1,920 min
 波高: 5 m
 週期: 12 sec
 波向: N
 潮位: 潮位平均線

圖十七(續)防波堤附近堆積土量變化圖(佈置B)

表 三

時間 事項		0 ~ 480 min	480 ~ 960 min
水 深 變 化	1	240 ~ 480 分鐘時水深急劇淤淺淤積 6.4 m	無顯著變化
	2	360 分鐘前先刷深 1.3 m 至 480 分鐘時再恢復原狀	720 ~ 840 分鐘時急劇淤淺變淺 8 m
	3	0 ~ 120 分鐘間急刷深 3.2 m 以後僅再刷深 1 m 計刷深 4.2 m	840 ~ 960 分鐘時水深急劇變淺 7.5 m
	4	無顯著變化	840 分鐘後水深有較明顯變 4.4 m
	5	"	840 分鐘後水深有較明顯變 3.6 m
	6	"	無顯著變化
	7	刷深 1.5 m	變淺 2 m
	8	無顯著變化	無顯著變化
	9	360 分鐘後刷深 1.4 m	"
	10	無顯著變化	"
	11	"	"
	12	淤積 0.9 m	"
	13	0 ~ 120 分鐘間急劇刷深 8.7 m 以後再淤積 3.7 m	480 ~ 720 分鐘時水深急劇變淺 9.5 m
	14	0 ~ 120 分鐘刷深 1.9 m 至 480 分鐘時再恢復原水深	水深有規則地急劇淤積變 13.6 m
	15	無顯著變化	600 ~ 720 分鐘時水深急劇變淺 12.4 m 到 960 分鐘時水深變淺 12.4 m

	960 ~ 1680 min	1680 ~ 2160 min
	無顯著變化	無顯著變化
水深	960 ~ 1080 分鐘水深急劇淤積以後變化較微變淺為 3.7 m	"
淤積變	水深逐漸淤積變淺 11.6 m	"
化變淺	變淺 7.0 m	1800 ~ 2040 分鐘水深急劇淤淺以後變化較微變淺 9.8 m
化變淺	1080 分鐘以後水深急劇淤積變淺 10.3 m	變淺 3.4 m
	變淺 2.2 m	1800 分鐘以後水深急劇淤淺變 14.8 m
	水深急劇淤積變淺 22.5 m	變淺 1.0 m
	1320 分鐘後水深急速淤淺變淺 18.2 m	變淺 3.1 m
	1560 ~ 1680 分鐘水深急速淤淺，變淺 7.8 m	1680 ~ 1920 分鐘水深急劇變淺以後變化較少淤淺 14 m
	無顯著變化	1920 ~ 2040 分鐘水深急劇淤淺變淺 19.7 m
	"	無顯著變化
	刷深 1.1 m	"
淤積變	刷深 1.3 m	"
淺	無顯著變化	"
淤淺 6.3 m	960 ~ 1200 分鐘間水深急速變淺以後變化較微變淺 6.7 m	"

表 三

時間 事項		0 ~ 480 min	480 ~ 960 min
土 量 變 化	A	0 ~ 120分鐘時急劇侵蝕自 240 分鐘後以 $2.4 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加恢復原土砂量	以 $11.4 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加 $91 \times 10^5 m^3$
	B	240 ~ 480 分鐘時以 $2.8 \times 10^5 m^3/hr$ 速率減少 $15.4 \times 10^5 m^3$	以 $10.2 \times 10^5 m^3/hr$ 平均速率增加土砂量 $81.6 \times 10^5 m^3$
	C	減少 $5.3 \times 10^5 m^3$	840 ~ 960 分鐘時以 $6.5 \times 10^5 m^3$ 最大速率減少其減少土量 $6 \times 10^5 m^3$
	D	0 ~ 240 分鐘時以 $2.5 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加 240 ~ 480 分鐘時則便以 $4.7 \times 10^5 m^3/hr$ 速率減少土砂量減少 $9 \times 10^5 m^3$	逐漸增加 $11.7 \times 10^5 m^3$
	E	無顯著變化	無顯著變化
	F	0 ~ 120 分鐘時以最大速率 $4.5 \times 10^5 m^3$ 減少以後變化較微減少土砂量 $10.4 \times 10^5 m^3$	"
	G	減少 $10.8 \times 10^5 m^3$	"
	H	無顯著變化	"
	I	最初 120 分鐘先侵蝕 240 ~ 480 分鐘時以最大速率 $15.8 \times 10^5 m^3/hr$ 增加土砂量其增加 $69 \times 10^5 m^3$	480 ~ 600 分鐘時以速率 $6 \times 10^5 m^3$ 增加 600 分鐘後以速率 $3.3 \times 10^5 m^3$ 增加共增加土砂量 $32 \times 10^5 m^3$
全 區	全	最初 120 分鐘 侵蝕減少土砂量 $41 \times 10^5 m^3$ 120 ~ 480 分鐘時以速率 $8.2 \times 10^5 m^3/hr$ 增加逐漸恢復原土砂量	480 分鐘後以定值 $26.2 \times 10^5 m^3$ 速率增加土砂量增加 $20.9 \times 10^5 m^3$
	區		

	960 ~ 1680 min	1680 ~ 2160 min
.1	無顯著變化	無顯著變化
加	以 $7 \times 10^5 m^3/hr$ 速率至均增加，土砂量 $84.2 \times 10^5 m^3$	以 $1.8 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，土砂量 $14.1 \times 10^5 m^3$
hr m^3	以 $9.6 \times 10^5 m^3/hr$ 平均速率增加，土砂量為 $115 \times 10^5 m^3$	仍以 $9.6 \times 10^5 m^3/hr$ 速率繼續增加土量增加 $64.8 \times 10^5 m^3$
	至 1200 分鐘後以 $4.1 \times 10^5 m^3/hr$ 速率增加，土砂量 $33.1 \times 10^5 m^3$	1680 ~ 1800 以最大速率 $3.8 \times 10^5 m^3/hr$ 增加土砂量增加 $16 \times 10^5 m^3$
	1200 分鐘後土砂量著增加 1560 ~ 1680 分鐘時以最大速率 $14 \times 10^5 m^3/hr$ 增加土砂量增加 $48.7 \times 10^5 m^3$	1800 ~ 2040 分鐘時以速率 $10.3 \times 10^5 m^3/hr$ 增加，土砂量增加 $60 \times 10^5 m^3$
	增加 $4.7 \times 10^5 m^3$	2040 分鐘仍以最大速率 $3.2 \times 10^5 m^3/hr$ 增加，土砂量增加 $10.4 \times 10^5 m^3$
	無顯著變化	無顯著變化
	"	"
hr hr	1080 ~ 1200 分鐘時以最大速率 $13 \times 10^5 m^3/hr$ 增加以後變化較微共增加土砂量 $56.6 \times 10^5 m^3$	增加 $16.7 \times 10^5 m^3$
hr m^3	增加 $34.5 \times 10^5 m^3$	增加 $18.2 \times 10^5 m^3$

攔砂效果已達飽和狀態漂沙已開始侵入而沿著北防波堤延長線段內側邊緣堆積，航道一半以上水深淺於 -10 m 。當波浪造波時間累積達1680分鐘時，沙洲已達北防波堤延伸段端點且沙洲亦形成於原北防波堤斜線段南側堤線邊緣，堆積範圍因波浪受堤頭繞射影響沿堤線方向擴大，而造波時間累積達1920分鐘時整個北防波堤內外側幾乎已全為沙洲所包圍航道已有 $\frac{2}{3}$ 寬度水深低於 -10 m ，而當造波時間累積達2160分鐘漂沙已開始繞過南防波堤，整個港口已為漂沙所阻塞，照片三顯示，佈置B於造波時間為 0 min 時之初期地形（68年水深地形）照片四顯示佈置B於造波時間累積達2160分鐘時港口為漂沙阻塞之情形，圖片中南防波堤堤頭處有部份凹陷，係因放水佈置等深線時沙洲為港池內積水產生水流所沖失塌陷本試驗全區土砂堆積速率變化在480分鐘後達到一定值，由圖17圖形可知該定值後之漂沙量為 $262 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$ 。

(四)佈置C試驗結果

佈置C北防波堤沿堤線方向延長600公尺南防波堤全部拆除並向南平移750公尺，南海堤亦向海側平移500公尺，LNG碼頭設置於外港。為與佈置B試驗結果相比較，初期地形及試驗波浪條件等均採與佈置B試驗相同。謹將佈置C試驗結果詳述如下

圖18 a~j 表示波浪作用後防波堤附近地形變化

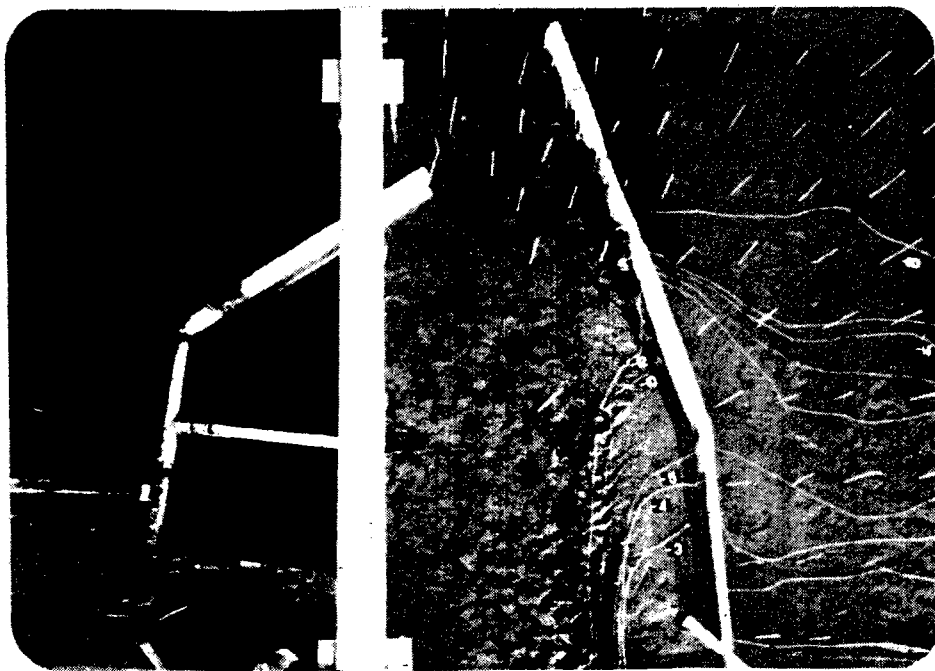
圖19 表示波浪作用後各主要點之水深變化

圖20 表示波浪作用後A~I區土量變化

試驗各段時間防波堤附近地形水深及土量變化等摘要列如表4

佈置試驗C，亦採用民國68年水深圖作為初期地形其與佈置試驗B主要差別僅為北防波堤係沿斜線方向延長600m在N向波浪作用下，試驗前240分鐘前北防波堤北側及海岸附近大部份有侵蝕現象。試驗結果顯示此際北防沙堤攔砂效果已達飽和。投置於大甲溪南側之河川輸沙所形成之沙洲已繞過北防沙堤堤頭， -10 m 及 -20 m 等深線因受北防波反射波浪之影響，亦向陸側內移，當波浪造波累積時間達480分鐘時漁港北側與北防沙堤間水域已全呈現沙洲，試驗結果顯示北防波堤波浪反射效果異常顯著堤線邊緣均呈侵蝕現象。且 $\pm 0\text{ m}$ 、 -10 m 及 -20 m 等深線於靠近堤線處均向外海側凸出，除了 $\pm 0\text{ m}$ 等深線迅速向海側推進外等深線 -10 m 及 -20 m 線則與波浪造波240分鐘時相對等深線無多大變化，俟波浪造波時間累積達720分鐘時沙洲已抵達北防波

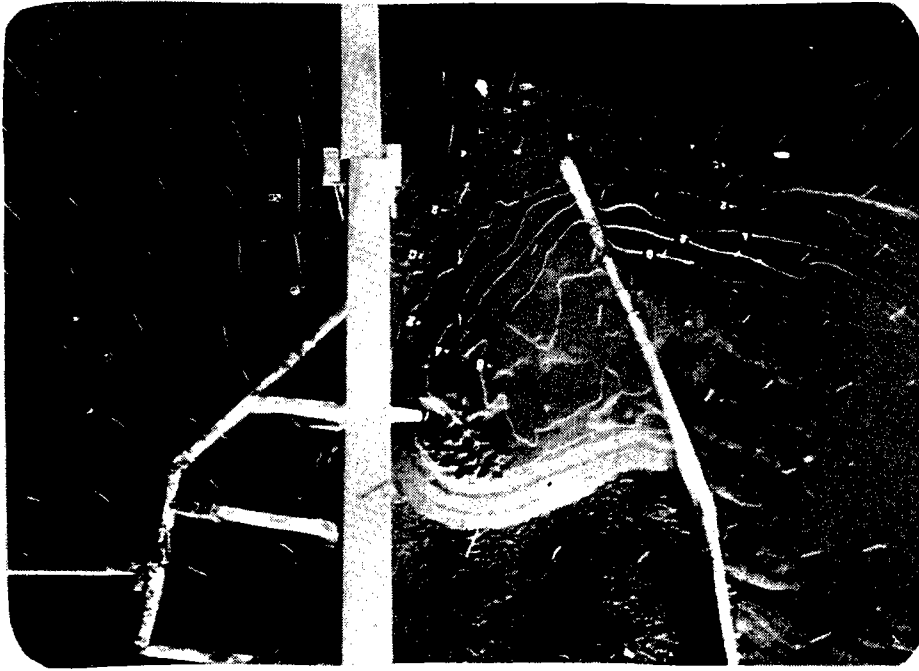
堤斜線部份北防波堤直線部份攔砂效果業已飽和， -10 m 及 -20 m 等線間坡度急劇變陡，惟 -20 m 等深線並無多大變化由此可見 -10 m 等深線正迅速向海側推進。當波浪造波時間累積達 960 分鐘時，等深線 -20 m 開始向外海側移動，等深線 $\pm 0\text{ m}$ 及 -10 m 線分別取代造波時間 720 分鐘時之 -10 m 及 -20 m 等深線，海底坡度變陡於防波堤北側呈現明顯淺灘且向海側移動。研判此係受北堤反射波浪之影響所致，當造波時間累積 1200 分鐘時漂沙即將抵達北防波堤堤頭，海灘坡度急劇變陡為 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{15}$ 且海岸線與波浪方向線相互垂直。造波時間累積達 1320 分鐘時漂沙開始入侵港口，造波時間為 1440 分鐘時入侵北防波堤之漂沙於堤頭處形成一明顯淺灘， $\pm 0\text{ m}$ 等深線已達北防波堤堤頭航道過半為漂沙所淤塞。而在造波時間累積滿 1680 分鐘時，沙洲已於北防波堤南側形成，整個港口已大部為漂沙所淤塞當造波時間累積達 1920 分鐘時，整個航道及港口全為漂沙所淤塞漂沙已侵到南防波堤，當造波時間達 2160 分鐘時漂沙所形成之沙洲，已開始侵入 L N G 碼頭預定位置。



照片五佈置 C 初期地形 (68.年地形)

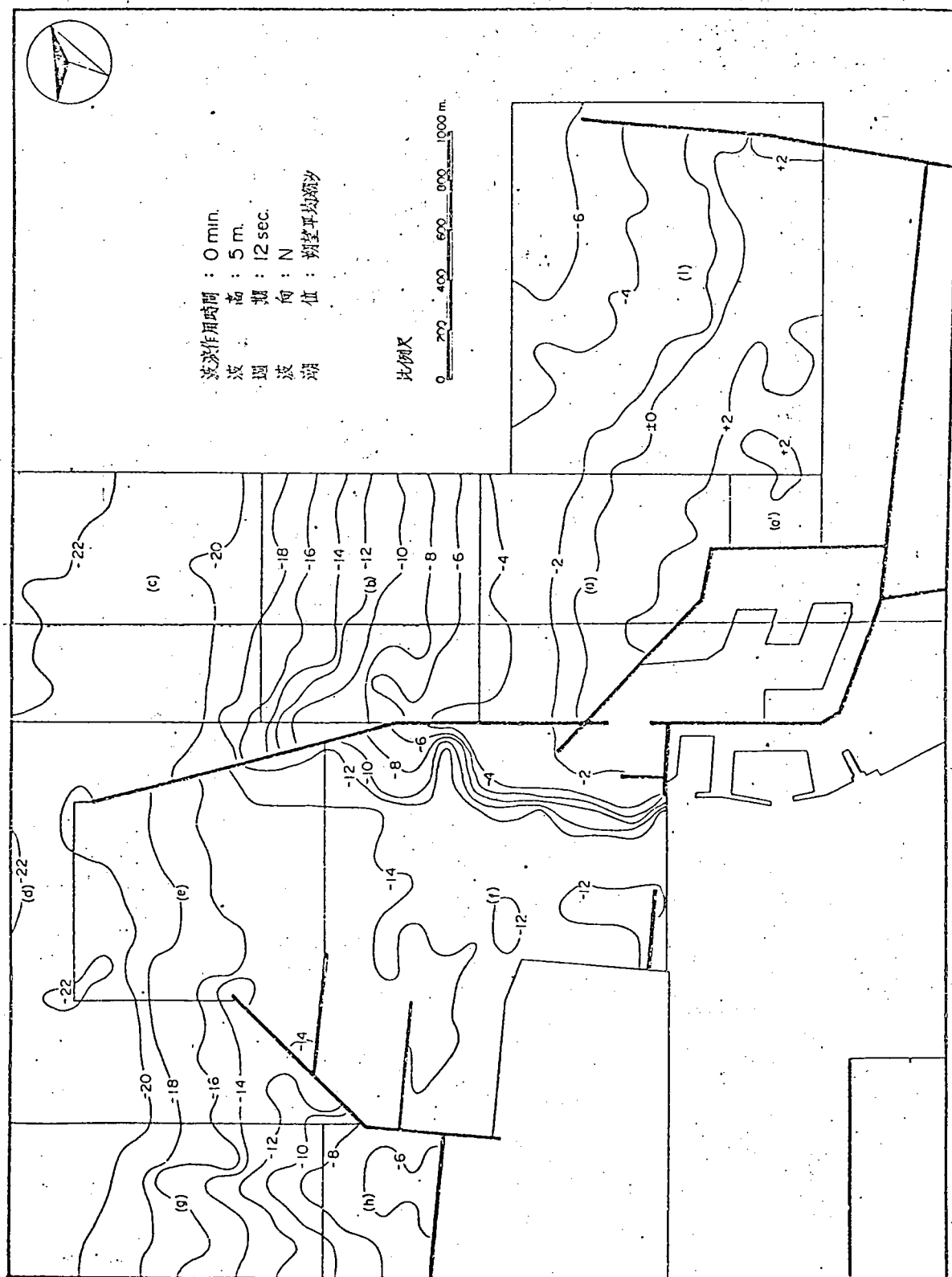
照片五顯示佈置 C 於造波時間為 0 分鐘時之初期地形（68.年水深地形）

照片六顯示佈置 C 於波浪造波時間為 2160 分鐘時港口及其航道為漂沙淤塞之情形。

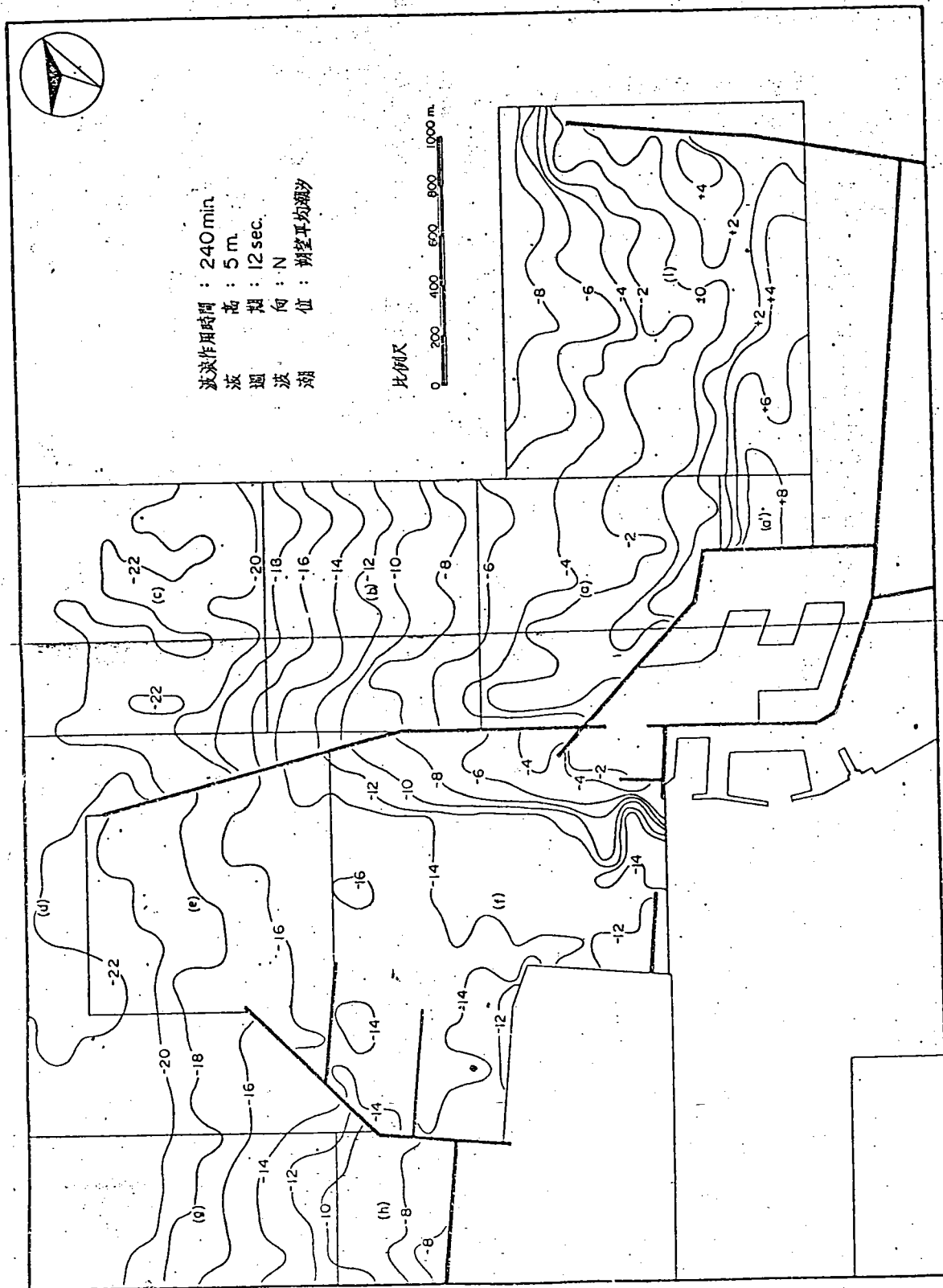


照片六佈置 C 造波時間 2160 分鐘時防波堤附近地形

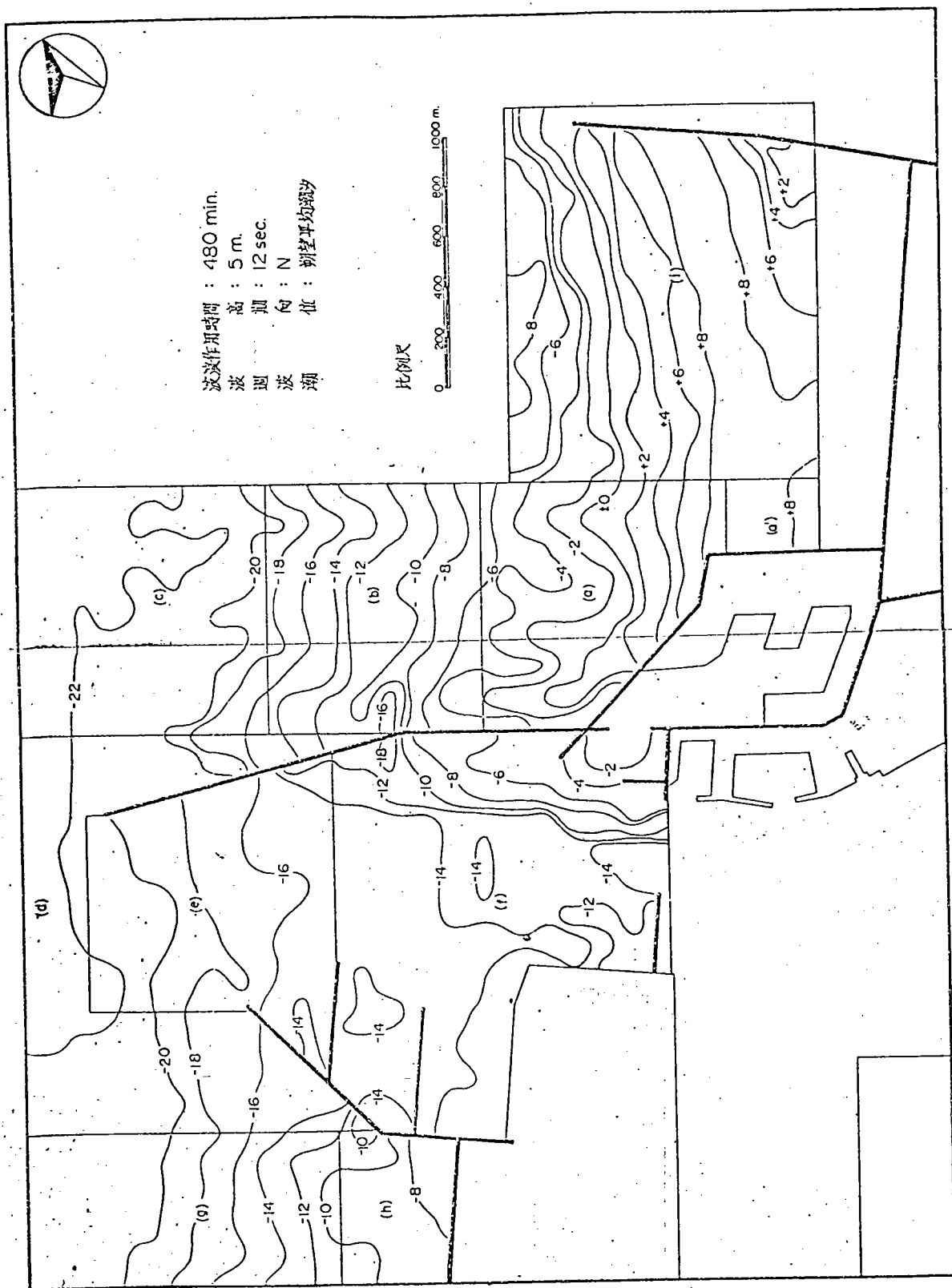
本試驗全區土砂量堆積速率變化，在 240 分鐘後達到一定值該定值後之漂沙量為 $300 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hr}$ ，如圖 20 所示。



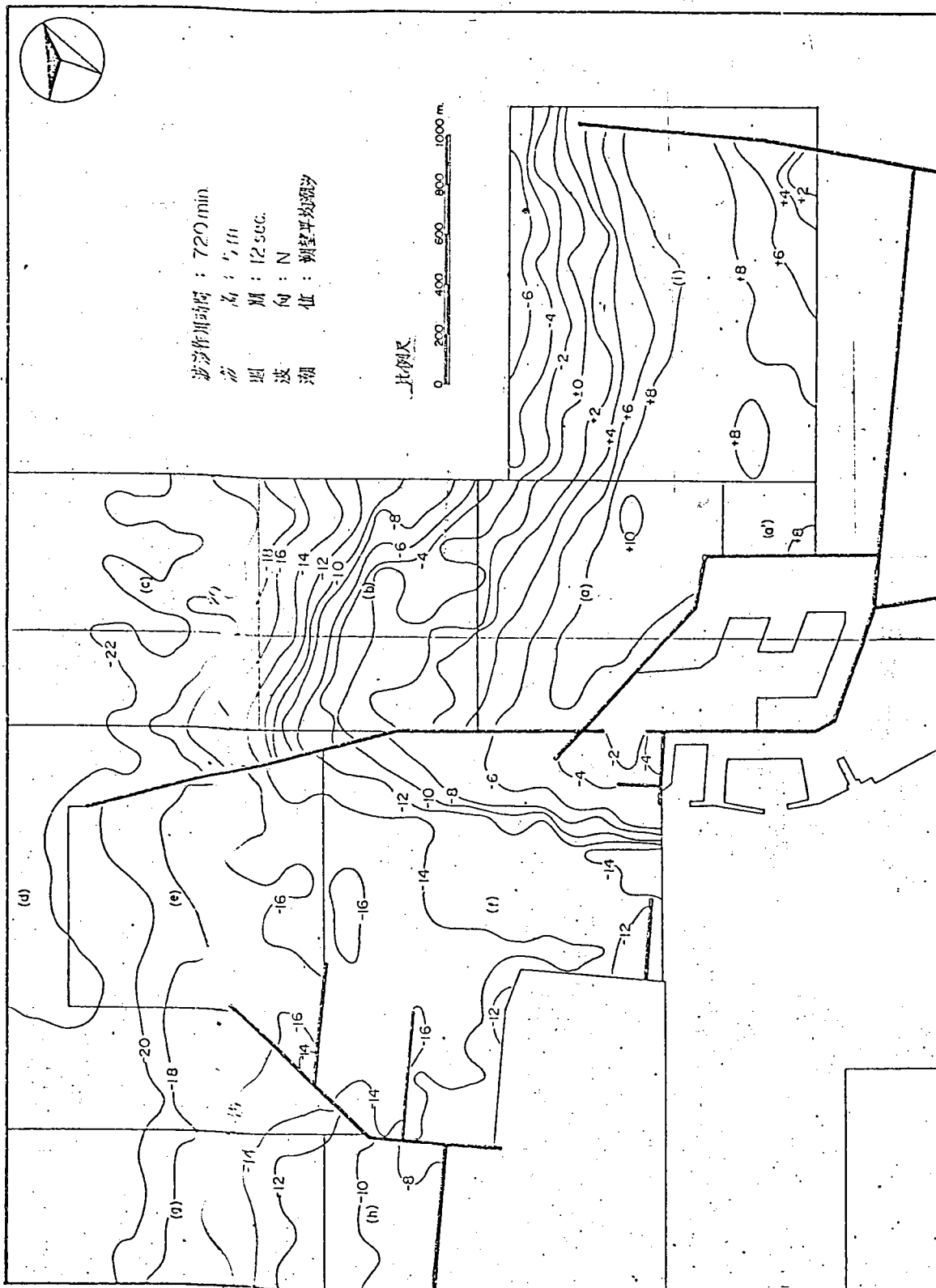
圖十八 防波堤附近地形剖面圖 (期望平均潮位)



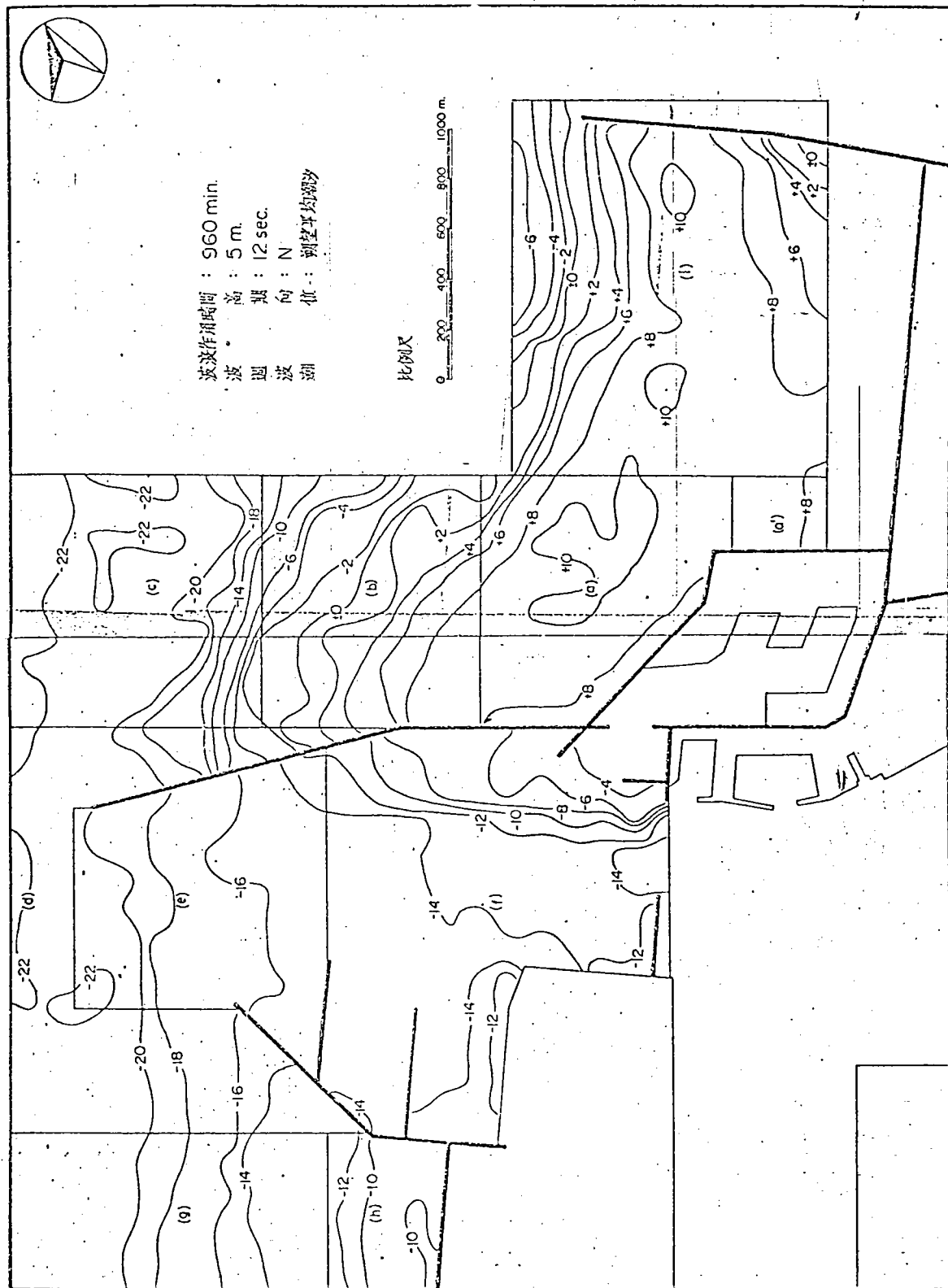
圖十、防波堤與碼頭地形圖(佈置試驗C)



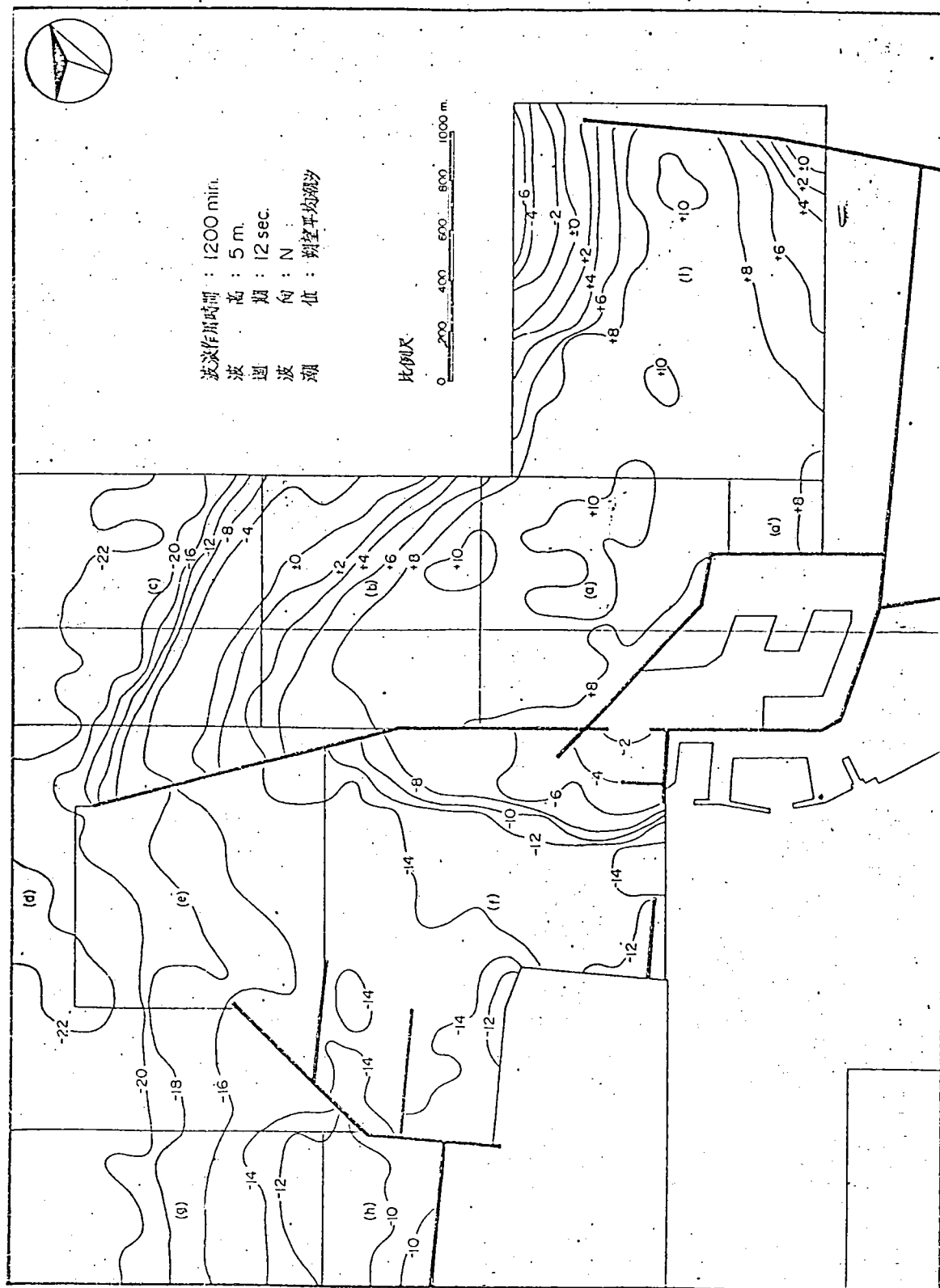
圖十八(9) 防波堤附近海域地形變異圖(佈置試驗C)



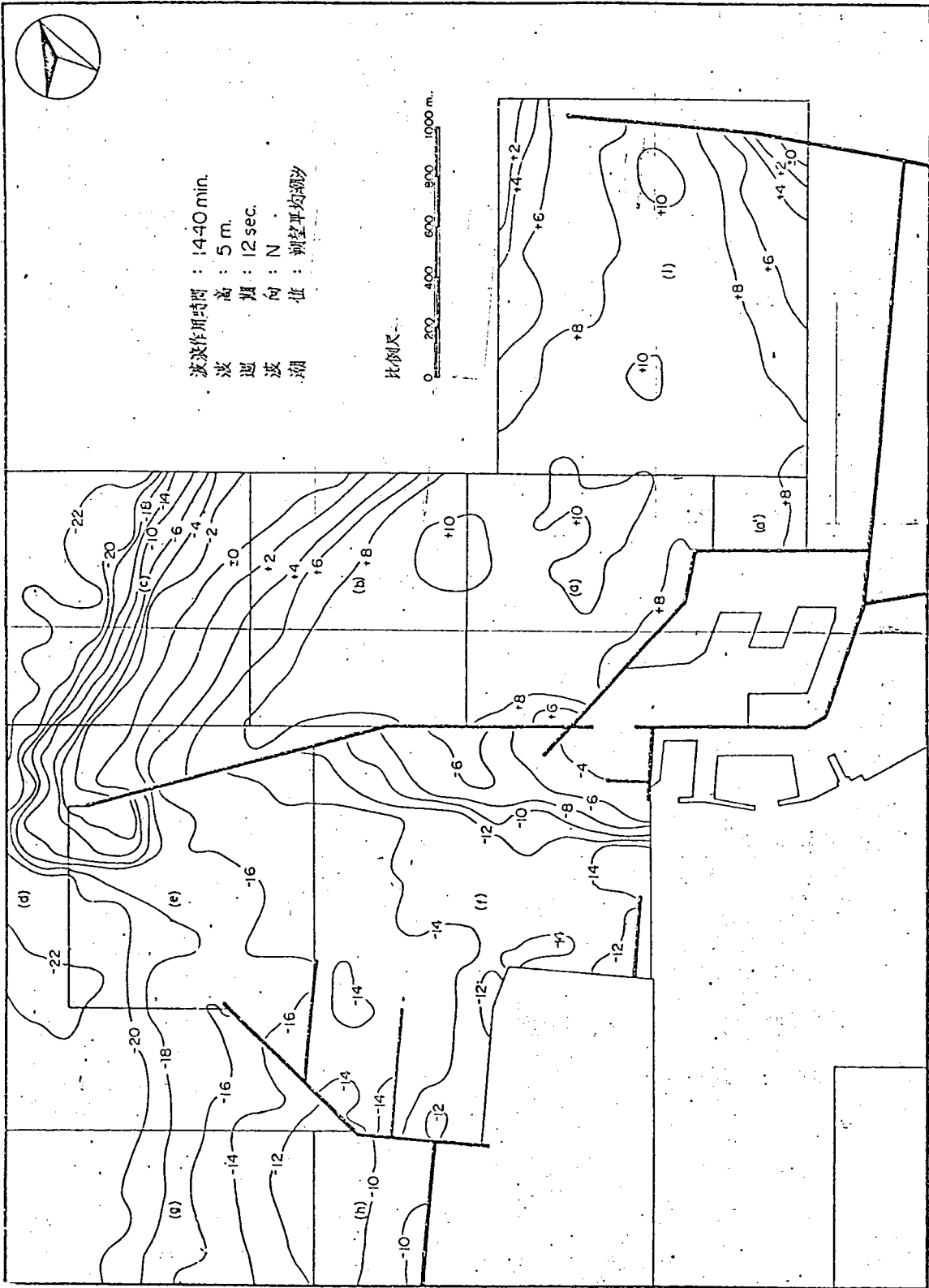
圖十八：防波堤附近海床地形變化圖(佈置圖C)



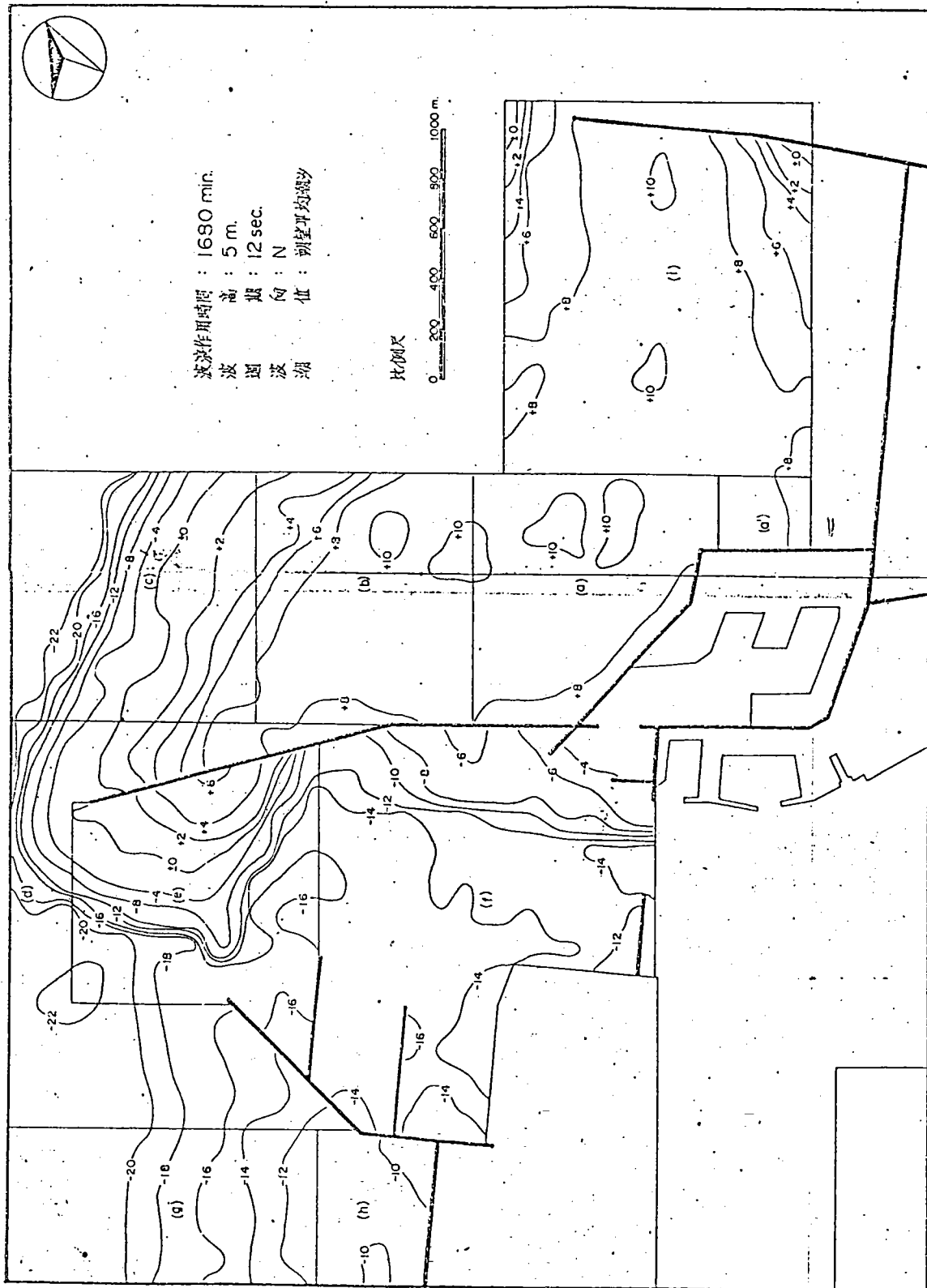
圖十八、防波堤附近地形變化圖(佈置試驗 C)



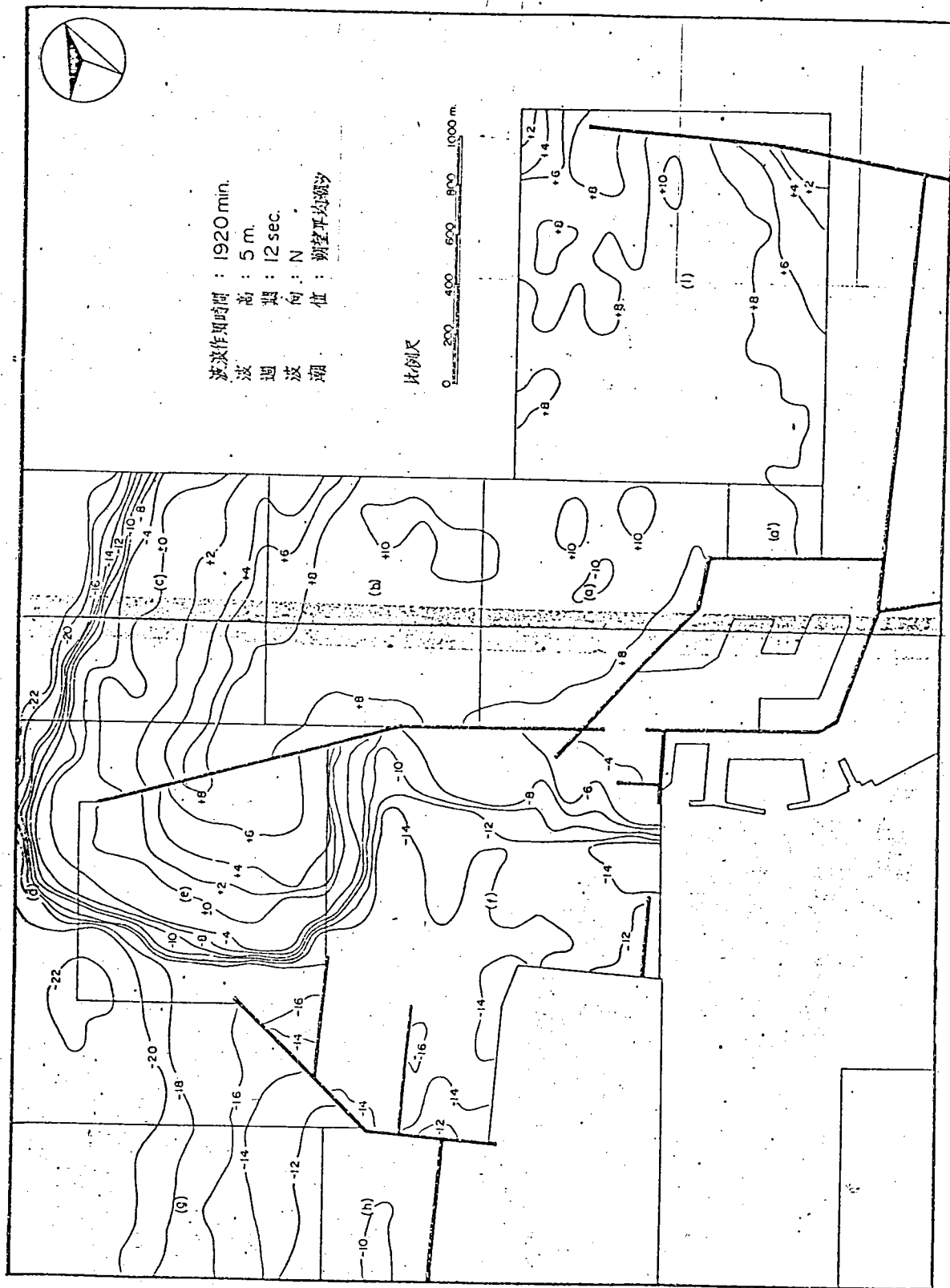
圖十八(10) 波浪作用時間及波高變化圖(潮位試驗C)



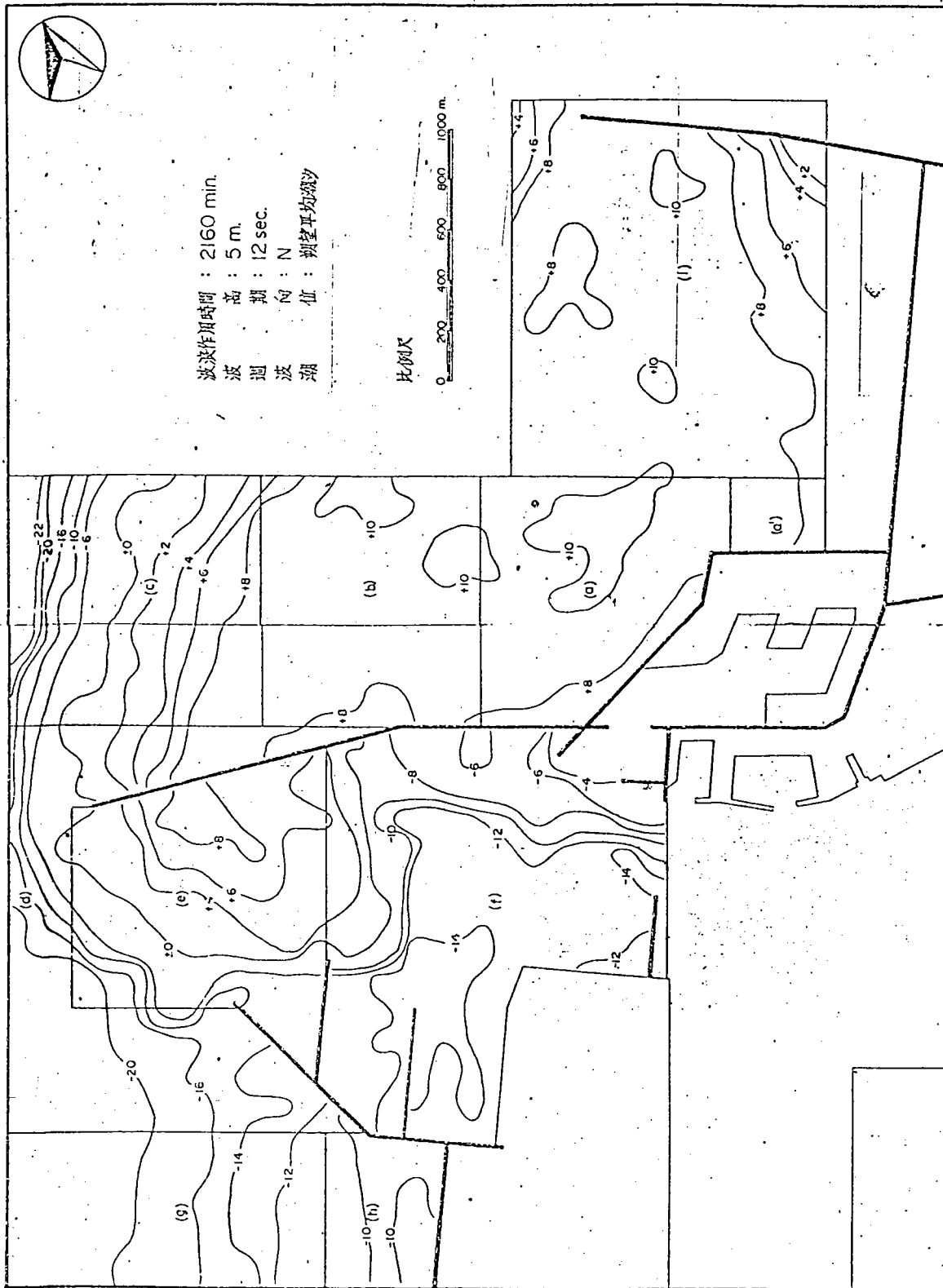
圖十八、防波堤設置形式地形變化圖(佈置形式C)



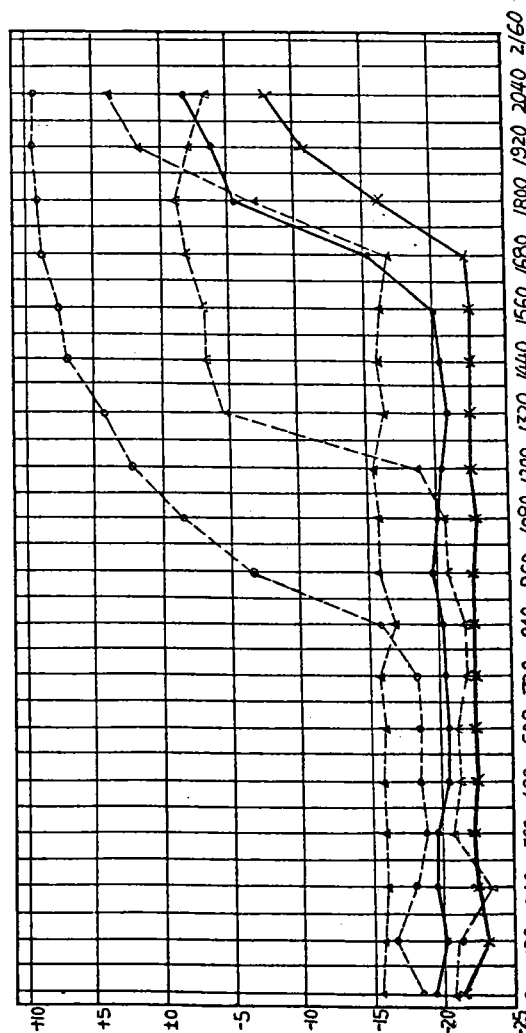
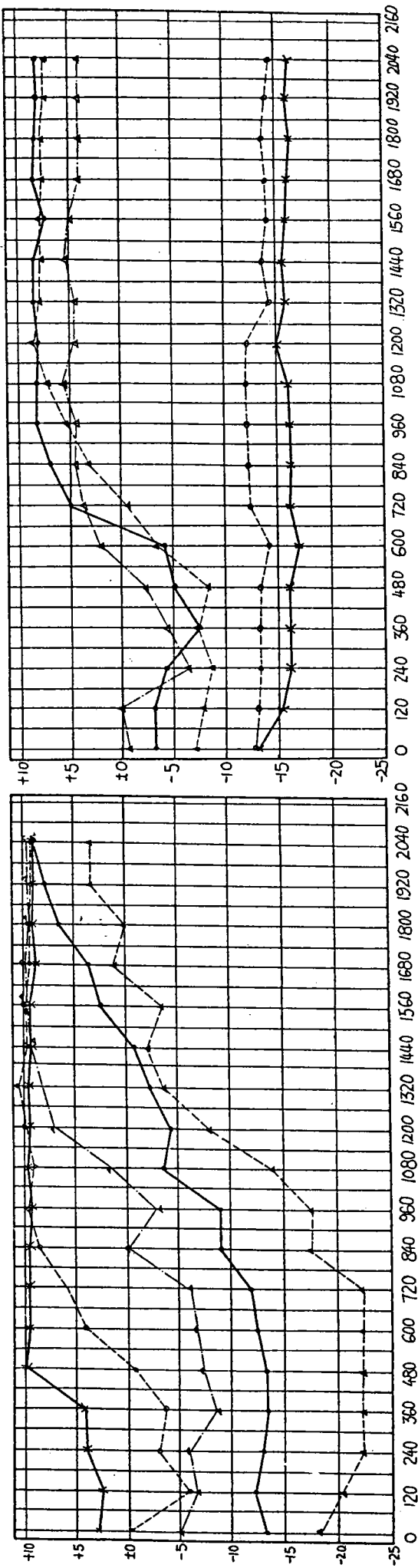
图十八 a. 防波堤附近地形变化图 (特高试验 C)



圖十八、防浪堤壩地形變化圖(佈置試驗C)



圖十八, 防波堤前灘地地形變化圖 (係在試驗中)



圖十九 防波堤附近主要點水深變化圖 (佈置C)

時間 (min)

表 四

時間 事項		0 ~ 480 min	480 ~ 960 min
水 深 變 化	1	360 ~ 480 分鐘水深急劇淤淺變淺 7.1 m	無顯著變化
	2	最初120 分鐘時水深急劇刷深至 480 分鐘時再逐漸恢復為原來水深	水深逐漸淤淺，變淺 10.4 m
	3	刷深 2.1 m	變淺 4.7 m
	4	無顯著變化	變淺 4.6 m
	5	最初240 分鐘水深刷深 4.5 m，240 ~ 480 分鐘水深幾無變化	480 ~ 720 分水深仍幾乎無變 ~ 840 分鐘時水深再度刷深後 化變淺 1.6 m
	6	無顯著變化	無顯著變化
	7	"	840 ~ 960 分鐘時水深急速 11.8 m
	8	"	無顯著變化
	9	刷深 1 m	"
	10	無顯著變化	"
	11	最初 240 分鐘水深刷深以後幾無變化	"
	12	無顯著變化	"
	13	120 ~ 240 分鐘時水深急劇刷深後再 恢復淤積刷深 1.4 m	變淺 6.7 m
	14	240 ~ 360 分鐘時刷深 3.7 m 後再逐 漸淤淺刷深 1.7 m	600 ~ 720 分鐘時水深急劇 緩慢變化至 960 分鐘後水深 變淺 13.2 m
	15	無顯著變化	逐漸淤淺，變淺 14.4 m

	960 ~ 1680 min	1680 ~ 2160 min
	無顯著變化	無顯著變化
"	"	"
	960 ~ 1200 分鐘時水深急劇淤淺以後變化較少變淺 12.1 m	"
	960 ~ 1080 分鐘時水深急劇變化以後再逐漸淤淺變淺 13 m	水深逐漸淤淺，變淺 5.8 m
化 720 後又無變	水深逐漸淤淺變淺 18.5 m	變淺 1.8 m
	無顯著變化	1680 分鐘後水深急劇變化淤淺 14.7 m
變淺淤	逐漸繼續淤淺，變淺 15.5 m	無顯著變化
	1200 ~ 1320 分鐘時水深急劇淤淺以後變化較少，變淺 18.9 m	"
	960 ~ 1560 水深幾無變化 1560 ~ 1680 分鐘時水深急速變化淤淺 9.6 m	水深繼續淤淺，變淺 8.3 m
	無顯著變化	1680 分鐘後水深迅速變化淤淺 20.7 m
	"	無顯著變化
	"	"
	"	"
於淺以後 變化較緩	"	"
	960 ~ 1200 分鐘時繼續淤淺 1200 分鐘後變化甚微，變淺 2.2 m	"

表 四

時間 事 項		0 ~ 480 min	480 ~ 960 min
土 量 變 化	A	最初 240 分鐘先侵蝕 360 ~ 480 分鐘時以速率 $6.3 \times 10^6 m^3/hr$ 淤淺增加 $4.1 \times 10^6 m^3$	以速率 $9.6 \times 10^6 m^3/hr$ 急土砂量增加 $7.6 \times 10^6 m^3$
	B	土砂量減少 $10 \times 10^6 m^3$	土砂量以 $4.3 \times 10^6 m^3/hr$ 增加，增加 $11.3 \times 10^6 m^3$
	C	減少 $7 \times 10^6 m^3$	480 ~ 840 分鐘時變化甚微 960 分鐘時以速率 $7 \times 10^6 m^3$ 加
	D	減少 $7.9 \times 10^6 m^3$	720 ~ 960 分鐘土砂量略為增加 $11.6 \times 10^6 m^3$
	E	除前 120 分鐘時急劇侵蝕外以後變化甚少土砂量減少 $7 \times 10^6 m^3$	無顯著變化
	F	土砂量逐漸減少其減少 $1.8 \times 10^6 m^3$	"
	G	前 240 分鐘時減少，以後變化甚少減少 $8 \times 10^6 m^3$	"
	H	前 120 分鐘時減少以後幾無變化	"
	I	前 120 分鐘時土砂量減少 240 ~ 480 分鐘時以速率 $2.0 \times 10^6 m^3$ 增加	600 分鐘以後速率增加較緩
	全區	前 240 分鐘時呈侵蝕減少 $6 \times 10^6 m^3$ 以後慢慢之呈堆積淨土砂量增加 $2.4 \times 10^6 m^3$	480 分鐘後以定值 $300 m^3$ 增加土砂量增加 $28 \times 10^6 m^3$

	960 ~ 1680 min	1680 ~ 2160 min
速增加	無顯著變化	無顯著變化
速率急劇	960 ~ 1200 分鐘時以速率 $9.3 \times 10^6 m^3/hr$ 增加以後速率較緩土砂量增加 $6.1 \times 10^6 m^3$	"
收 840 ~ m^3/hr 增	土砂量以速率 $9.1 \times 10^6 m^3/hr$ 迅速增加，增加 $10.9 \times 10^6 m^3$	以速率 $7.7 \times 10^6 m^3/hr$ 繼續增加外變化較緩增加 $6.1 \times 10^6 m^3$
增加	960 ~ 1560 分鐘以速率 $6.2 \times 10^6 m^3/hr$ 增加以後變化較緩增加 $5.6 \times 10^6 m^3$	除 2040 ~ 2160 分鐘時急速增加外變化較緩增加 $1.7 \times 10^6 m^3$
	除 1320 ~ 1680 分鐘以速率 $12.6 \times 10^6 m^3/hr$ 急速增加外其餘變化甚少土砂量增加 $7 \times 10^6 m^3$	以速率 $10.5 \times 10^6 m^3/hr$ 繼續增加惟至 2040 分鐘後反減少
	無顯著變化	1800 分鐘後始以速率 $6.9 \times 10^6 m^3/hr$ 增加
	"	無顯著變化
	"	"
緩	土砂量繼續增加惟 1440 分鐘後變化較少	"
m^3/hr 速率	以定值 $300 m^3/hr$ 速率繼續增加土砂量增加 $33.5 \times 10^6 m^3$	以定值 $300 m^3/hr$ 速率繼續增加土砂量增加 $60.6 \times 10^6 m^3$

十、結論與建議

(一)結論

綜合以上諸佈置試驗將其試驗結果列表摘述如下：

佈置	A	A	B	C
初期地形	60 年	60 年	68 年	68 年
波向	$N15^{\circ}E$	N	N	N
模型定值漂沙量增加率 (m^3/hr)	115×10^4	230×10^4	260×10^4	300×10^4
換算實地漂沙量增加率 ($m^3/year$)	67×10^4	92×10^4	104×10^4	120×10^4
港口淤積顯著時間 (分)	1920 分以上	1560 分	1440 分	1440 分
土砂量增加呈穩定之時間	800 分	480 分	120 分	240 分
換算年數	32 年以上	45 年	55 年	50 年
備註	試驗未完			

由上表可得結論如下：

1. 佈置 A 試驗結果，就漂沙量增加率而言試驗波浪條件採用 N 方向波浪較 $N15^{\circ}E$ 向波浪，較能符合台中港現場漂沙量。
2. 台中港現狀外廓堤防，不論沿堤線方向（佈置 C）或沿航道方向（佈置 B）延長 600 m，港口壽命將分別延長 13 年及 18 年惟實地與試驗存有差異，保守估計折半計算前項北堤延長攔砂效能應在 7 ~ 9 年以上。
3. 以防沙效果而言，試驗結果顯示以佈置 B 較佳佈置 C 次之。

(二)建議

1. 就防波堤漂沙攔阻效果言，建議採用佈置 B。惟若考慮 LNG 船舶進港問題時，佈置 C 亦可採用。
2. 本試驗結果係假設外廓堤防一次完成條件下所獲致，為使實地情況能與模型試驗接近，建議台中港外廓堤防改建之施工，應儘量一氣呵成。

3. 根據模型試驗，於北防波堤北側作有限度之浚挖，將有增強反射波功能，有助於攔阻南向漂沙。建議維護挖泥應依防波堤斜線部份 N 向波浪之反射方向實施，以增強反射波產生之北方向水流將漂沙沈積於北防波堤與北防沙堤之間。

參 考 文 獻

1. *Ippen A.T. (1971) " Estuary and Coastline Hydrodynamics "*
2. *U.S. Army Coastal Engineering Research Center " Shore Protection Planning and Design 3rd edition 1977 "*
3. 井島武士 (1972) 「台中港設計波浪計算報告書」日本港灣顧問公司
4. 台中港建港籌備處 (1970) 「台中港規劃報告」
5. 中華顧問工程司 (1971) 「台中港日本調查規劃團報告之評估」
6. 台中港工程局 (1974) 「台中港氣象、海象等自然資料調查之研究」
7. 湯麟武 (1971) 「海岸工程規劃設計」農復會特刊新二號
8. 台中港工程局 (1973) 「台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究」
9. *Horikawa " Coastal Engineering " University of Tokyo Press*

ABSTRACT

Chinese Petroleum Corporation intended plans to build a terminal of Liquid Natural Gas Station at Taichung Harbour. The bureau of Taichung Harbour Authority had been engaged in the sheltering tests of the outer-breakwater since in April 1980. At the same time, the SMSB (Ship Model Simulated Basin) in the Netherland was asked to perform model investigation of the ship operation at harbour entrance and two acceptable outer-breakwater layouts (i.e. layout B & layout C) were obtained. But as we know, beside to take account of the safety navigation at entrance and good wave conditions in basin the littoral drift must be serious consider on a sand beach artificial harbour. Therefore, in May 1981, the Institute of Harbour & Marine Technology was sponsored to do further studies of littoral drift model investigation on this outer-breakwater amendment.

In order to reproduce the prototype data, both N and N15°E wave directions were asked to perform the preliminary test. Experimental results indicate that N direction wave is more reasonable to represent the whole wave patterns. By comparing all layouts, if we emphasize littoral drift, B is the most acceptable, but layout C is significant for entrance navigation that could be adopted if necessary.