

專刊第 51 號

台中火力電廠廠址開發及相關工程 -
南海堤外側突堤及人工養灘試驗研究

歐陽餘慶

黃清和

邱永芳

交通處港灣技術研究所
中華民國七十七年 月
台中縣 梧 棲

委 託 機 關：台灣省交通處台中港務局

計 畫 名 稱：台中火力電廠廠址開發及相關工程南海堤外側突
堤及人工養灘計畫研究

金 額：新台幣壹佰陸拾萬元整

時 間：自中華民國七十六年八月一日起
至中華民國七十七年三月三十一日止

顧 問：台大教授 林銘崇

計畫主持人：研究員兼組長 歐陽餘慶

協同主持人：研究員 黃清和

參 與 人 員：助理研究員 邱永芳

助 理 陳明宗

技 工 楊怡芸

蔡金吉

何炳紹

蔡瑞成

李永勝

臨 工 王文宏

目 錄

摘 要

圖 號 說 明

照片、表 說明

1. 前 言
2. 試驗內容
3. 試驗條件
4. 模型縮尺及模型製作
5. 漂沙移動時間縮尺
6. 試驗波浪率定與試驗方法
7. 試驗經過及結果
8. 結論及建議

參考資料

圖 號 說 明

- 圖 2 - 1 台中港外廓堤防佈置 A
- 圖 2 - 2 台中港南海堤配置防沙堤佈置 C
- 圖 2 - 3 台中港南海堤外側離岸堤佈置 D
- 圖 2 - 4 台中港南海堤定案修正佈置 E
- 圖 3 - 1 試驗使用朔望潮汐曲線變化圖
- 圖 3 - 2 模型製作斷面圖
- 圖 3 - 3 底質粒徑分佈圖
- 圖 7 - 1 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖
- 圖 7 - 2 佈置試驗 A 南海堤附近侵蝕、淤積土量變化圖
- 圖 7 - 3 佈置試驗 A 南海堤附近主要點水深變化圖
- 圖 7 - 4 佈置試驗 B-1 南海堤附近底床地形變化圖
- 圖 7 - 5 佈置試驗 B-1 南海堤附近主要點水深變化圖
- 圖 7 - 6 佈置試驗 B-2 南海堤附近底床地形變化圖
- 圖 7 - 7 佈置試驗 B-2 南海堤附近主要點水深變化圖
- 圖 7 - 8 佈置試驗 C-1 南海堤附近底床地形變化圖
- 圖 7 - 9 佈置試驗 C-1 南海堤附近主要點水深變化圖
- 圖 7 - 10 佈置試驗 C-2 南海堤附近底床地形變化圖
- 圖 7 - 11 佈置試驗 C-2 南海堤附近主要點水深變化圖
- 圖 7 - 12 佈置試驗 C-3 南海堤附近底床地形變化圖
- 圖 7 - 13 佈置試驗 C-3 南海堤附近主要水深變化圖

圖 7 - 14 佈置試驗 D 南海堤附近底床地形變化圖

圖 7 - 15 佈置試驗 D 南海堤附近主要點水深變化圖

圖 7 - 16 定案條正佈置試驗 E 南海堤附近底床地形變化圖

圖 7 - 17 定案條正佈置試驗 E 南海堤附近主要點水深變化圖

照片、表 說明

- 照片 1 突堤及離岸堤模型製作
- 照片 2 佈置試驗 A 累積造波 20 小時後地形變化
- 照片 3 佈置試驗 B-1 累積造波 8 小時後地形變化
- 照片 4 佈置試驗 B-2 累積造波 8 小時後地形變化
- 照片 5 佈置試驗 C-1 累積造波 8 小時後地形變化
- 照片 6 佈置試驗 C-2 累積造波 8 小時後地形變化
- 照片 7 佈置試驗 C-3 累積造波 8 小時後地形變化
- 照片 8 佈置試驗 D 累積造波 8 小時後地形變化
- 照片 9 定案修正佈置試驗 E 累積造波 8 小時後地形變化
- 表 7-1 試驗 B-1 加沙條件
- 表 7-2 試驗 B-2 加沙條件

摘 要

本研究採用台中港工程局民國六十二年十二月“台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究”報告中相同預備試驗條件，探討台中港外廓堤防目前現狀佈置，南海堤全部興建完成後，有關海堤防蝕對策研究，分別進行人工養灘、突堤以及離岸堤配置等動床漂沙模型試驗，並根據台中港務局所提供佈置以及試驗結果，進而提出一定案修正佈置，可供台中港務局作為興建南海堤工程施工參考。

壹. 前 言

台中港務局代辦台電台中火力電廠廠址開發及相關工程，有關南海堤設計及施工鑑於民國七十五年九月韋恩及艾貝颱風侵蝕時，該堤遭受嚴重沖刷且每年在颱風期過後並均需維護，費用頗鉅，為使台電火力電廠廠址以及台中港港口區長久安全計，台中港務局擬在南海堤沖刷段興建突堤等以定沙、養灘俾保護堤基，特委託本所辦理該項水工模型試驗研究工作。

貳. 試驗內容

本委託代辦試驗研究工作，累計共完成八種試驗情況分別如下：

〈一〉 現有外廓堤防佈置試驗 A

係根據台中港工程局民國 六十二年 十二月所完成“台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究”以及民國 七十一年 五月，台中港務局委託本所辦理“台中港外廓堤防漂沙模型檢核試驗研究”，採相同預備試驗條件，就目前外廓堤防佈置如圖 2 - 1 所示進行試驗，以瞭解南海堤全部興建完成後，南海堤各堤段侵蝕、堆積狀況俾決定人工養灘投置浚淤多餘沙量地點。

〈二〉 現狀佈置人工養灘試驗 B

根據台中港已興建南海堤段外側歷年地形變化圖以及試驗 A 結果，分別推算最適養灘加沙量，並選擇侵蝕段上游及視各段侵蝕嚴重情況，按權重決定人工養灘地點與數量，本試驗累計完成兩種不同加沙方式試驗情況。

〈三〉 防沙堤佈置試驗 C

根據台中港務局所建議南海堤佈置，如圖 2 - 2 所示突堤間距為 300 公尺，長度為 100 公尺，以進行試驗，

並根據試驗結果，將突堤長度延伸為 120 公尺分別完成堤面加消波護塊以及無加消波護塊等方式，累計共完成三種試驗。

〈四〉 離岸堤佈置試驗 D

根據前面三種試驗方案結果，當南海堤興建完成後，因堤面前緣即為水面，並無足夠之海灘以及沙灘可形成所謂繫岸沙洲（Tombolo）以達定沙效果，故僅根據理論及試驗結果，選定一種離岸堤佈置，如圖 2 - 3 所示，以進行試驗。

〈五〉 定案修正佈置試驗 E

根據前面四項佈置試驗結果，選取突堤佈置（間距 300 公尺，突堤長 120 公尺），如圖 2 - 4 所示，並配合人工養灘以進行試驗。

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

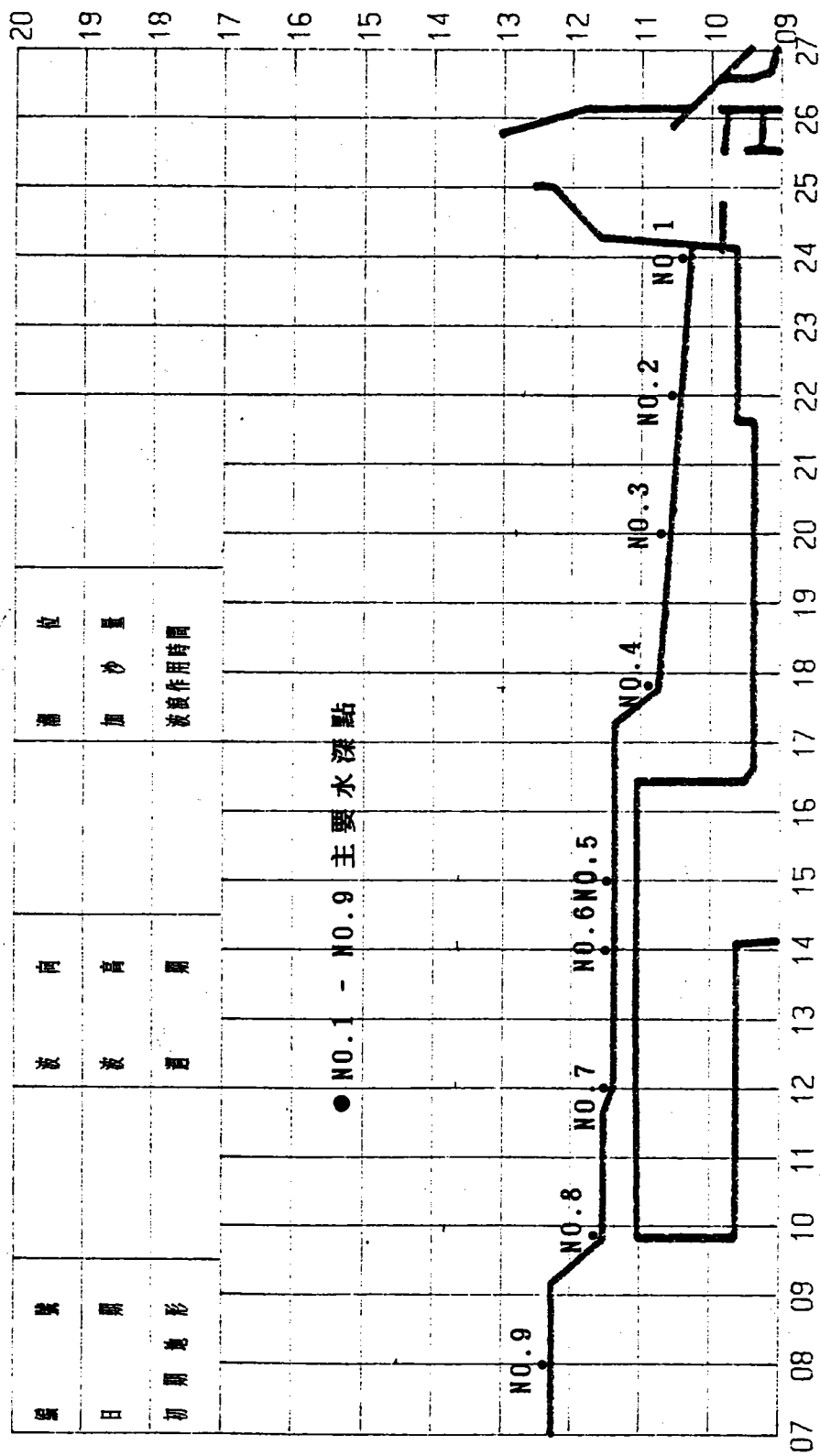


圖 2 - 1 台中港外廓堤防現狀佈置圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

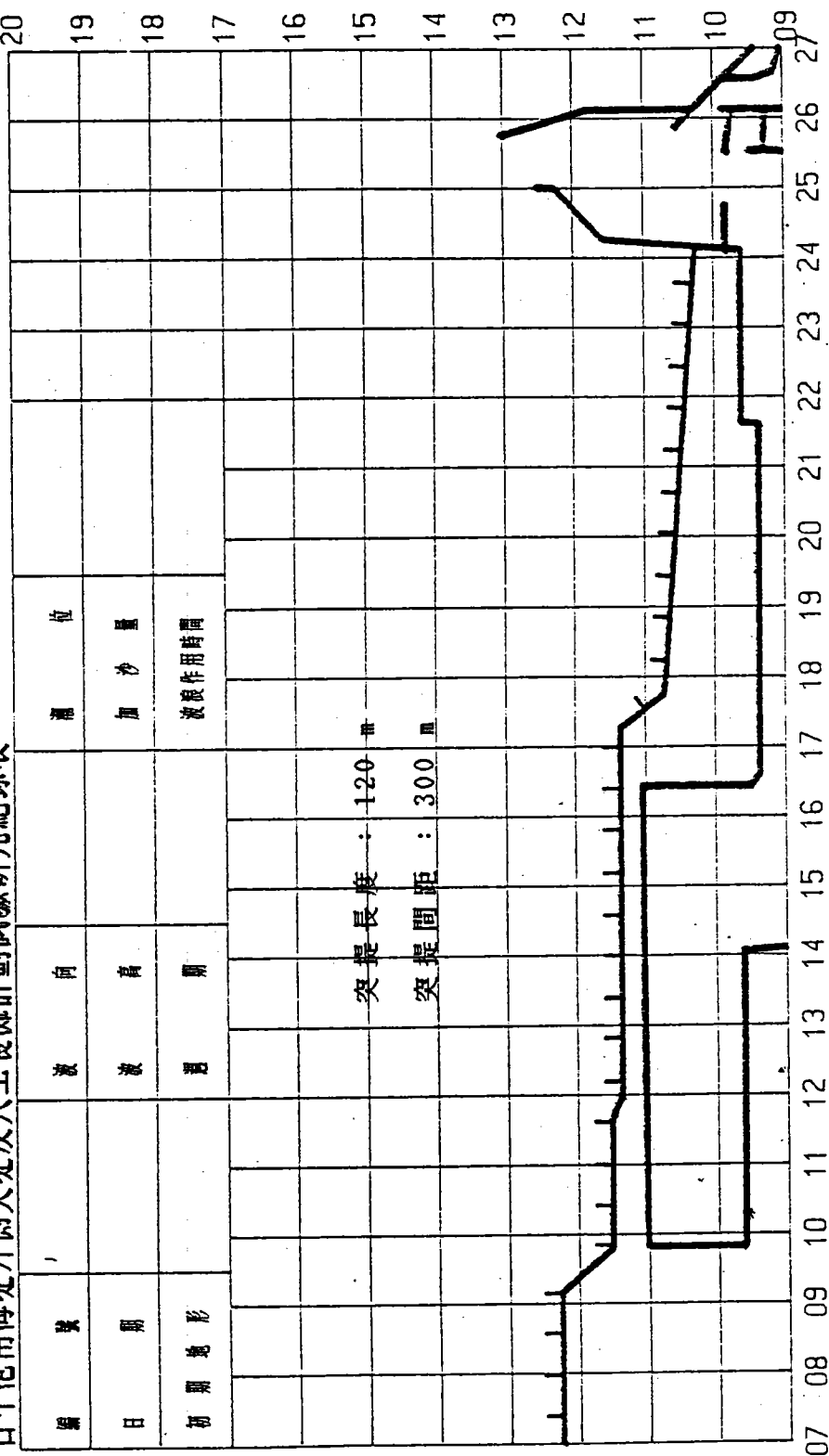


圖 2-4 台中港南海堤定案修正佈置

參. 試驗條件

試驗地形：依據民國七十五年水深圖製作，並採用下列

試驗條件

波浪：波向 $N15^{\circ}E$ ，波高 $H = 5$ 公尺，週期 $T = 12$ 秒

潮汐：塑望平均潮汐（ $H、W、L + 5m$ ； $L、W、L + 0.4m$ ）

正弦曲線，如圖 3 - 1 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 $+10.5m$ ；南防波堤 $+7.5m$ ，南北海堤 $+12.5m$

，北防沙堤堤頂 $+7.5m$ ，離岸堤以及突堤高度為 $12.5m$ 均以不越波為原則。

加沙量：由大甲溪南岸投入，最初 30 分鐘每分鐘 4 公

升，其後為每分鐘 2 公升。

加沙地點：模型座標為 $X = 34m$ ； $Y = 8 \sim 9m$ 處。於

大甲溪出口處。

肆. 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採 $1/100$ ，故波高 $H_m = 5\text{cm}$ ，模型上波高為平均水位時，在防波堤外水深 -25cm 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，即 $T_m = 12 \text{ 秒} \times 1/\sqrt{100} = 1.2 \text{ 秒}$ 。
3. 潮汐之時間縮尺應為水平縮尺 $/ \sqrt{\text{垂直縮尺}}$ 。

$$\begin{aligned}\text{故 } (T_{\text{tide}})_m &= 12 \text{ 小時 } 30 \text{ 分} \times \frac{1/500}{\sqrt{1/100}} \\ &= 15 \text{ 分}\end{aligned}$$

<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 -25m 處。
2. 模型製作
 - (1) 方格座標控制點：在水池底面，繪出一公尺見方方格網。
 - (2) 斷面製作：各種佈置均依民國 75 年台中港務局所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：將沙填於模型中，約在應有高程下 20 公分，其斷面如圖 3 - 2 所示，然後在沙面上澆製約 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至秀再將水排放，將高程再次整鋪。

本試驗所用之底質海沙比重為 $S = 2.63$

平均粒徑 $D_{50} = 0.30 \text{ mm}$

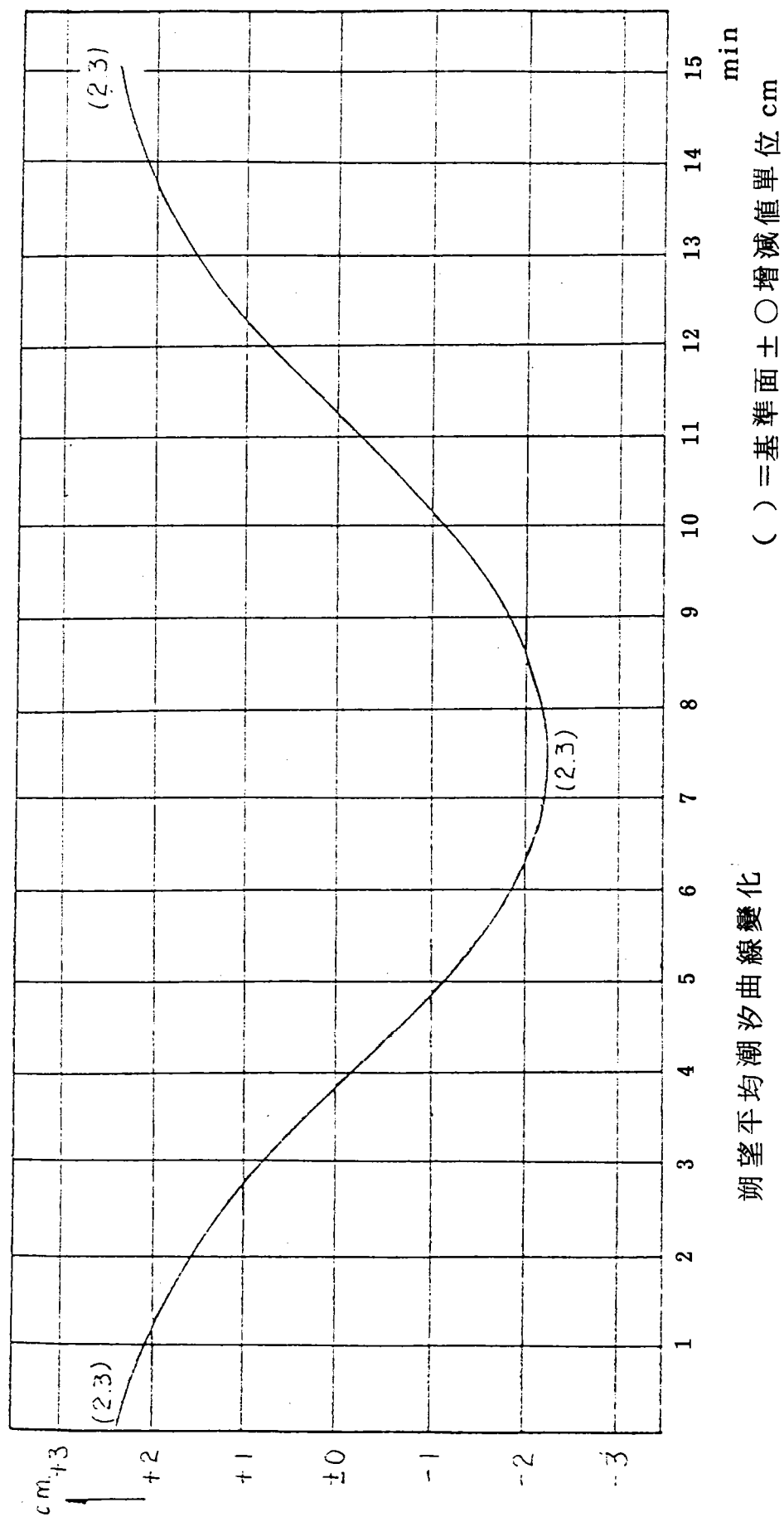
如圖 3 - 3 粒徑分佈曲線圖。

- (6) 防波堤、海堤、突堤及離岸堤製作
根據台中港外廓堤防平面佈置，利用磚塊構築防波堤及南、北海堤，有關突堤及離岸堤佈置則利用鐵板構築而成如照片 1 所示。

3. 模型校正

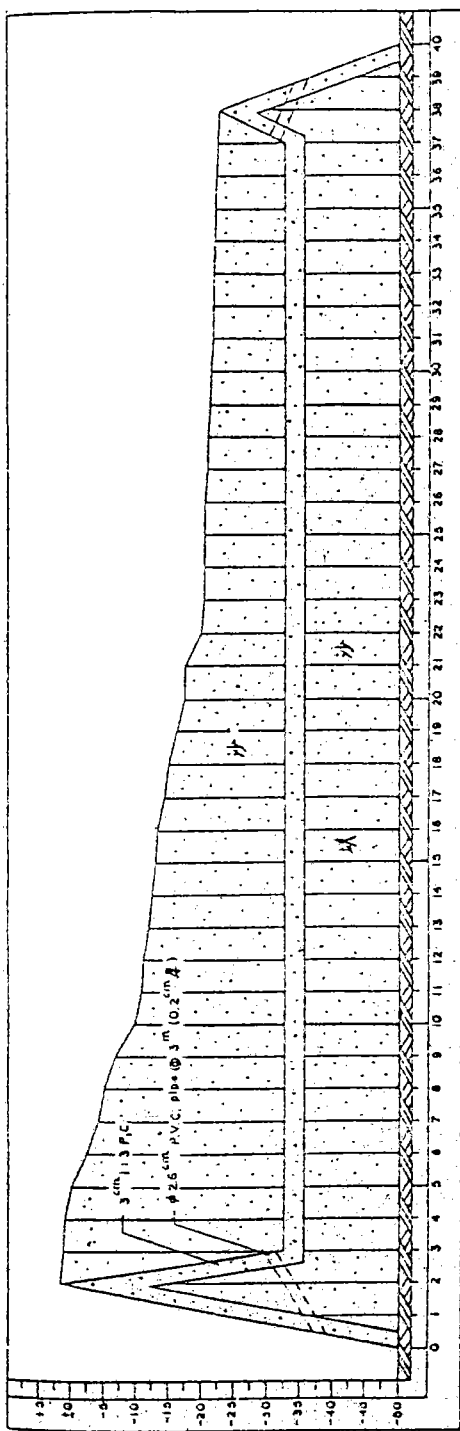
模型經方格點高程控制鋪設完成後抽水達試驗高水位，然後依次放水至各種等深線高程，依照模型水深線鋪放白色棉毛線，校核模型上水深線再與設計圖水深線對照，如不一致則修正模型地形使二者一致以此方法逐條修正等深線至原型水位 -25m 處；惟此舉仍無法保證每一佈置試驗均能獲得相同之初期地形，蓋吾人係利用水準儀量測模型上每一

固定點之高程，再繪等深線圖，由於每次填沙夯實度不盡相同，至常會產生極大差異之初期地形，然此為定性之研究，就長期觀點言，仍可看出其變化趨勢。

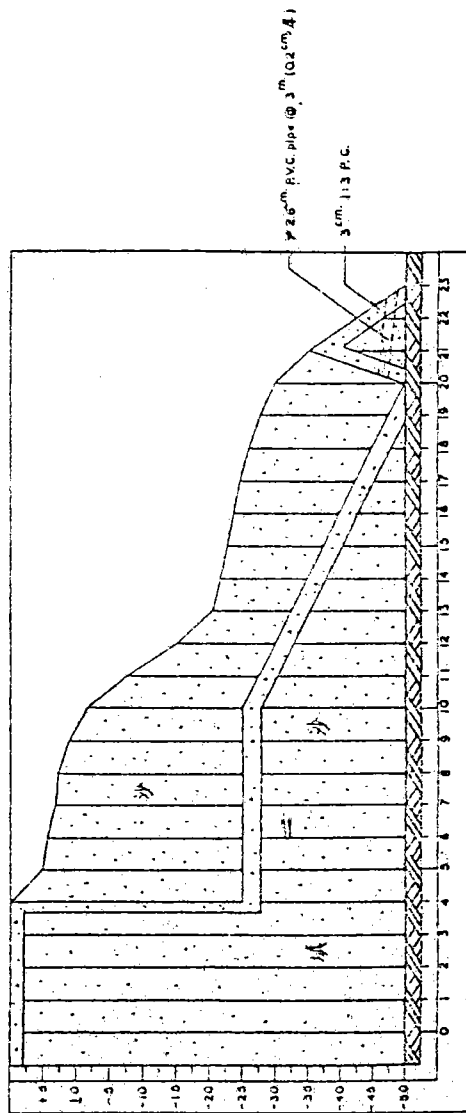


朔望平均潮汐曲線變化

圖 3-1 試驗使用之各潮汐水位變化圖



B-B 断面圖



A-A 断面圖

SCALE
水平 1/100
垂直 1/5

圖 3-2 模型製作断面圖

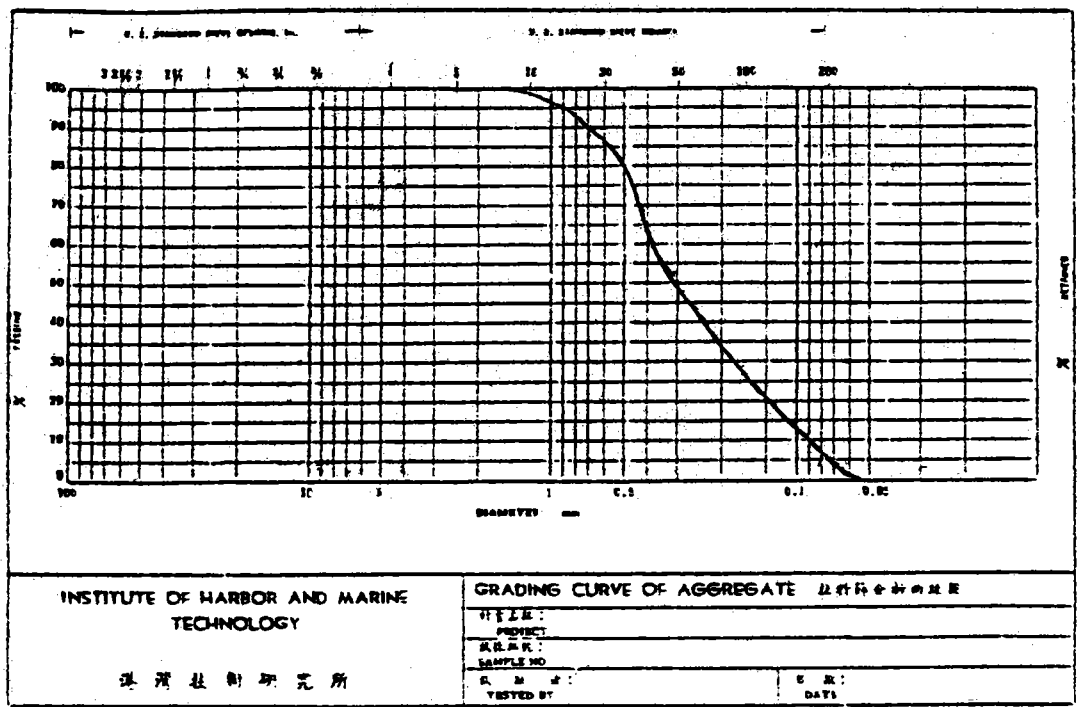
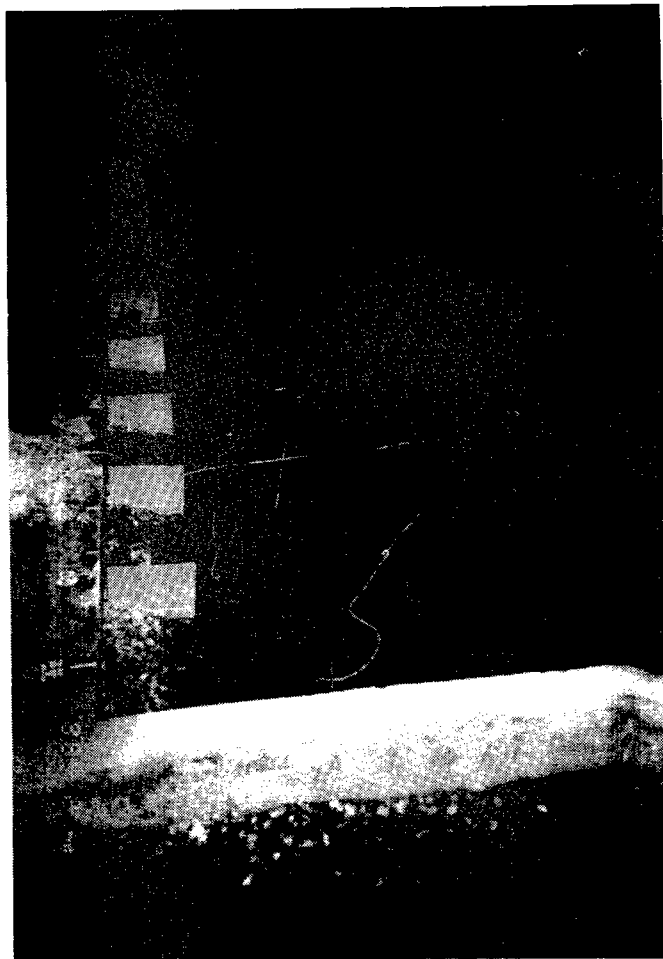


圖 3 - 3 粒徑分佈曲線圖



照片 1 突堤製作

伍. 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，座標 (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 ，則漂沙連續方程式為

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{1-\epsilon} \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} \dots\dots\dots(1)$$

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 $\epsilon_m = \epsilon_p$ (m, p 分別表示模型與原型)，則

$$\frac{h_m / h_p}{t_m / t_p} = \frac{Q_{xm} / Q_{xp}}{X_m / X_p} = \frac{Q_{ym} / Q_{yp}}{Y_m / Y_p} \dots\dots(2)$$

設模型垂直縮尺與水平縮尺之比值為 λ ，水平縮尺為 ϱ_m / ϱ_p ，垂直縮尺為 $\lambda (\varrho_m / \varrho_p)$ ，則由 (2) 式之第一、二項可得

$$t_m / t_p = \frac{h_m / h_p \cdot X_m / X_p}{Q_{xm} / Q_{xp}}$$

但 $h_m / h_p = \lambda (\varrho_m / \varrho_p)$; $X_m / X_p = \varrho_m / \varrho_p$

$$t_m / t_p = \frac{\lambda (\varrho_m / \varrho_p)^2}{Q_{xm} / Q_{xp}} \dots\dots\dots(3)$$

$$1 = \frac{\lambda (\varrho_m / \varrho_p)^2 Q_{xp} \cdot t_p}{Q_{xm} \cdot t_m} \dots\dots\dots(4)$$

(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 Q_{xm} / Q_{xp} 則為未知數，因此 t_m / t_p 在數學上至今尚不能獲得理論解。故利用漂沙預備試驗，讓現場調查所得漂沙量在模型上重現在模型上印証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) 式可改為

$$1 = \frac{\lambda (Q_m/Q_p)^2 Q_{xp} \cdot t_p}{Q_{xm} \cdot t_m} \times \frac{n L_p L_m}{n L_m L_p}$$

$$\therefore L_m / L_p = Q_m / Q_p$$

$$\therefore 1 = \frac{\lambda (Q_m/Q_p)^3 n L_p Q_{xp} \cdot t_p}{n \cdot L_m Q_{xm} t_m} \dots\dots\dots(5)$$

(5) 式中 $\lambda (Q_m / Q_p)^3$ 由模型線性縮尺決定， $n \cdot L_p Q_{xp} T_p$ 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

試驗 A 現狀佈置累積達 20 小時外，其餘試驗均達 8 小時，相當於現場 15 年且試驗均採用 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各分區漂沙沖蝕與堆積加以比較。

柒. 試驗經過及結果

<一> 現有外廓堤防佈置試驗 A

為瞭解南海堤全部興建完成後，各堤段堤址附近底床沖刷、淤積定性變化，爰進行本試驗；同時為研判該佈置試驗，在波浪反射最嚴重情況下，結構物附近底床漂沙動向，南海堤海側壁面則採直立壁，並以台中港務局民國七十五年所測水深圖作為初期地形。本試驗累積造波時間長達 20 個小時，根據前面章節“漂沙移動時間縮尺”，換算現場時間相當於 30 年以上。同時在試驗過程中分別於累積造波時間 0 小時、1 小時、2 小時、3 小時、4 小時、6 小時、8 小時.....，20 小時後，利用水準儀測量台中港南防波堤以南，各累積造波時段後，在模型上地形高程變化，俾計算各分區土沙量變化，並加以繪製成等深線圖。

圖 7-1 (a) ~ (m) 為佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

圖 7-2 為佈置試驗 A 南海堤附近侵蝕、淤積土量變化圖

圖 7-3 為佈置試驗 A 南海堤附近主要水深變化圖

圖 7-1 (a) 為試驗初期地形，累積造波時間 1 小時後，試驗結果顯示負 12m 以下等深線幾無變化，惟負 10m、8m、6m 等深線，則明顯有往海側移動趨勢，尤其是離南

防波堤愈遠處現象愈趨明顯如圖 7-1(b) 所示；累積造波時間達 2 小時後，試驗結果顯示，負 8m 以下等深線，則均往海側外移，愈近南防波堤處其現象愈明顯，負 6m 以下等深線則變化較小如圖 7-1(c) 所示；累積造波時間 3 小時後，試驗結果顯示，因波浪之夯實作用，地形變化趨於穩定，僅近岸部份因受南防波堤波浪反射所形成短峰波三維波浪系統作用，漂沙沿著南海堤方向移動，在南防波堤趾部份、南海堤第一折角處、第二折角處已有漂沙淤積，惟第三折角處則發生侵蝕如圖 7-1(d) 所示；累積造波時間達 4 小時後，負 6m 以下等深線變化趨於穩定，惟南海堤沿岸部份在南防波堤堤趾，第一折角處漂沙堆積益形顯著，但第二折角原先呈淤積處開始發生侵蝕，被帶走土沙量則往南堆積於兩折角間，靠大肚溪側則產生侵蝕如圖 7-1(e) 所示；累積造波時間達 6 小時後，負 10m 以下之等深線變化互有消長，負 10m 以下等深線則無明顯變化；惟南海堤第一折角處已有顯著堆積，其漂沙來源均來自北側沿岸被侵蝕之土沙量，同時在第一與第二折角中間亦有堆積現象，然第三折角以及其下游處則繼續侵蝕如圖 7-1(f) 所示；累積造波時間達 8 小時後，地形變化趨勢相同如圖 7-1(g) 所示；累積造波時間達 10 小時、12 小時地形變化亦相同，惟堆積地點因受由北往南所形成三維短峰波固定方向作用，逐漸向南移動如圖 7-1(h)、(i) 所示，該現象一直到累積造波時間達 20 小時後均復如此，試驗最終結果顯示在南防波堤堤址、第一、二、三折角處等均呈堆積其來源則來自上游側，以距南防波堤堤趾處 500

～ 1000m 間處，2000m 處，3500m 處以及 5000m 處侵蝕現象最為嚴重如圖 7-1(m) 所示。

圖 7-2 為南海堤附近侵蝕、淤積土量變化試驗結果，圖 7-2(a) 表全區土沙量變化為 A 區 ～ L 區等各分區土沙量變化總和，係指等深線約負 7m 以上到南海堤面區所涵蓋範圍，試驗結果顯示，該區土沙量變化在造波開始三個小時，係屬堆積性沙源係來自負 7m 以下者爾後隨著累積造波時間之增長呈間歇性侵蝕、堆積變化，當累積造波時間達 12 個小時後，該區在沒有足夠沙源補給情況下開始發生侵蝕其侵蝕量若換算為現場時間約相當於每年約 13 萬立方。圖 7-2(b) 為座標示意圖，圖 7-2(c) ～ 圖 7-2(h) 為試驗結果，當累積造波時間為 2 小時後，除 c 區發生侵蝕，土沙量減少外如圖 7-2(e) 其餘各區土沙量均呈堆積而累積造波時間達 4 小時後，則除 A 區、B 區以及 L 區發生侵蝕外如圖 7-2(c)、圖 7-2(d)、與圖 7-2(n) 其餘各分區均產生淤積，而試驗結果顯示隨累積造波時間延長 A 區、D 區、E 區、F 區、H 區、I 區等均發生侵蝕，而 G 區、L 區等則發生淤積，而 C 區與 J 區則變化較小。

圖 7-3 (a)～(h) 則為南海堤附近主要點水深變化試驗結果，靠近南防波堤堤趾處主要點 NO.1 試驗結果顯示，累積造波時間 前三個小時水深由負 5.7m 迅速淤積為負 2.1m，爾後隨著累積造波時間之增加而趨於穩定如圖 7-3(a)所示；距離南防波堤堤趾約 1000m 處點 NO.2 試驗結果顯示，累積造波初期 3 個小時，水深由負 6.5m 而

變為 4.6m，爾後則隨著累積造波時間之延長又逐漸被刷深而恢復原來之南海堤堤前水深如圖 7-3(b)所示；距離南防波堤堤趾約 2000m 處點 NO.3 試驗結果顯示，水深由原來之負 3.8m 而被刷深到負 6.6m 差距約達 3 公尺如圖 7-3(c) 所示；而在第一折角處點 NO.4 試驗結果顯示水深由原來之負 4.8m 淤積到水面 6.2m 如圖 7-3(d) 所示；在距離南防波堤堤趾 4000 公尺處點 NO.5 試驗結果顯示，水深則由原先之負 6.6m 而被刷深到負 8.8m 達 2 公尺之巨如圖 7-3(e) 所示；而距離堤趾 5000 公尺處點 NO.6 則亦被刷深達 2m 如圖 7-3(f) 所示；而第二折角處在累積造波時間達 6 小時，水深由負 4.5m 被刷深至負 8.3m，爾後即隨著累積造波時間增長逐漸淤積，其漂沙來源顯然係來自上游被侵蝕土沙量如圖 7-3(g) 所示；而第三折角處則水深由原先之負 7.7m 淤積成 4.2m 達 3.5m，其沙源亦係同樣來自其上游被侵蝕南海堤平直段如圖 7-3(h) 所示。照片 2 為累積造波時間 20 小時後地形變化。

台港南海是外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

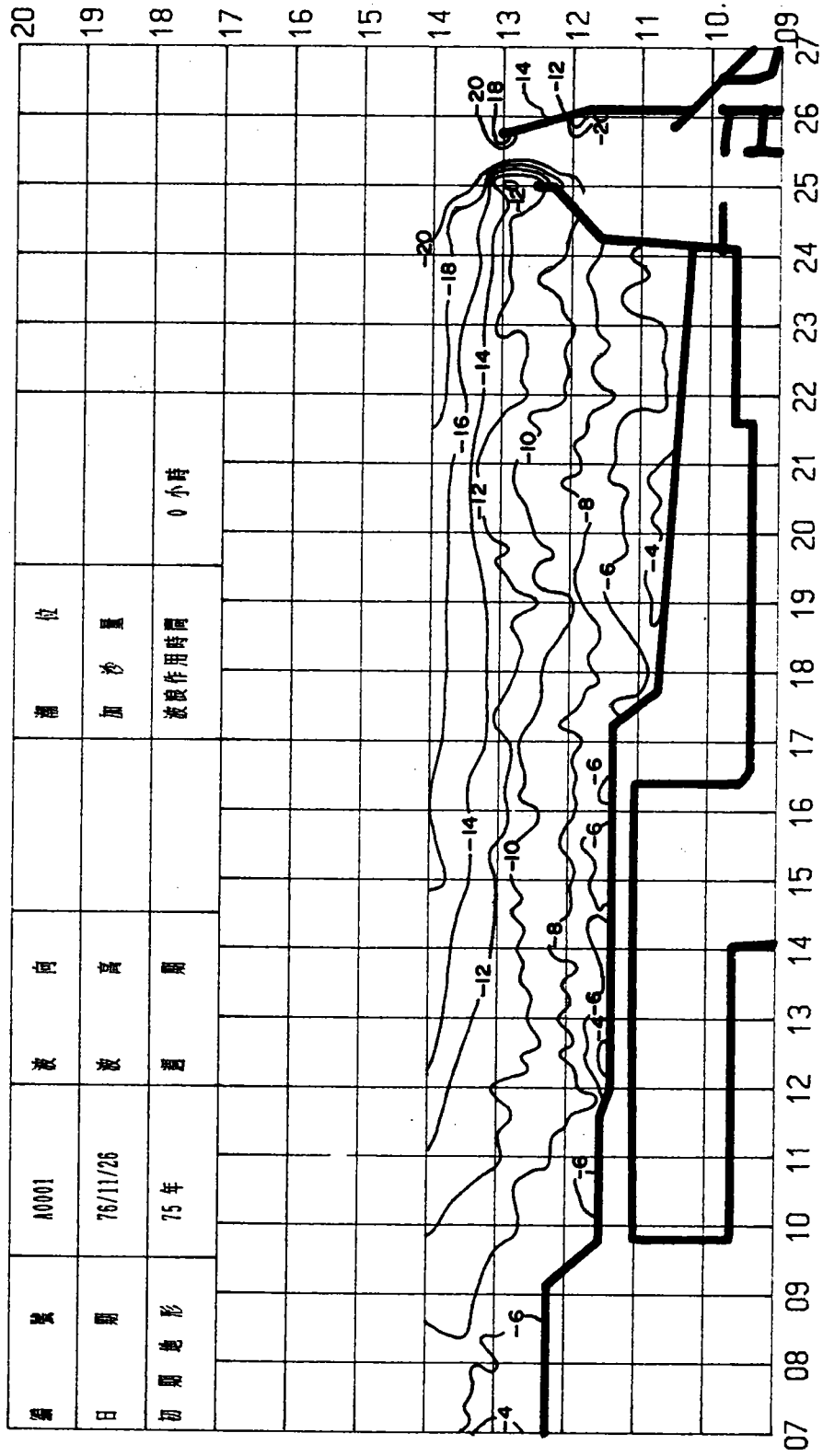


圖 7-1-1 (a) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

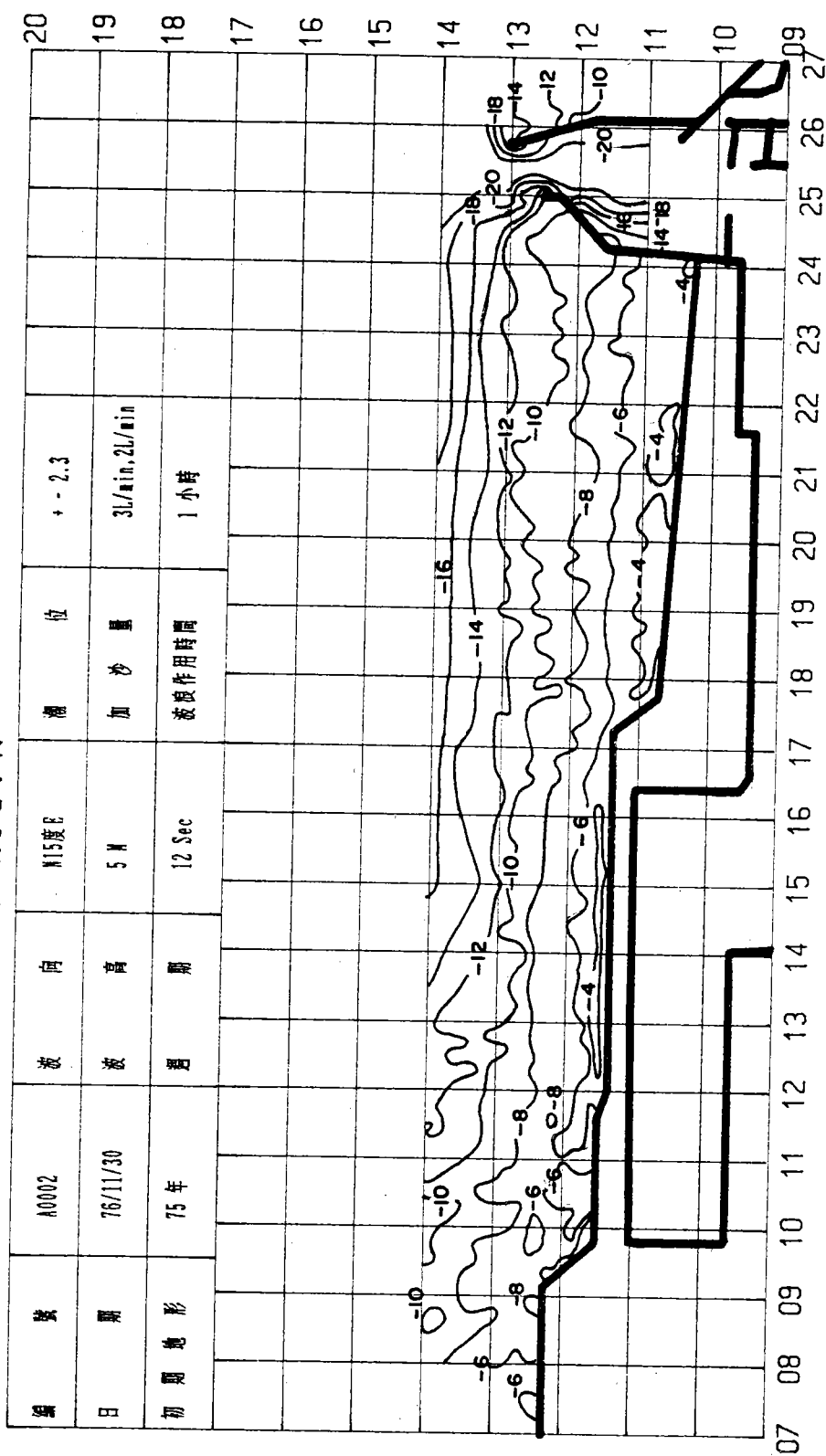


圖 7 - 1 (b) 佈置試驗 A 南海堤附近底地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

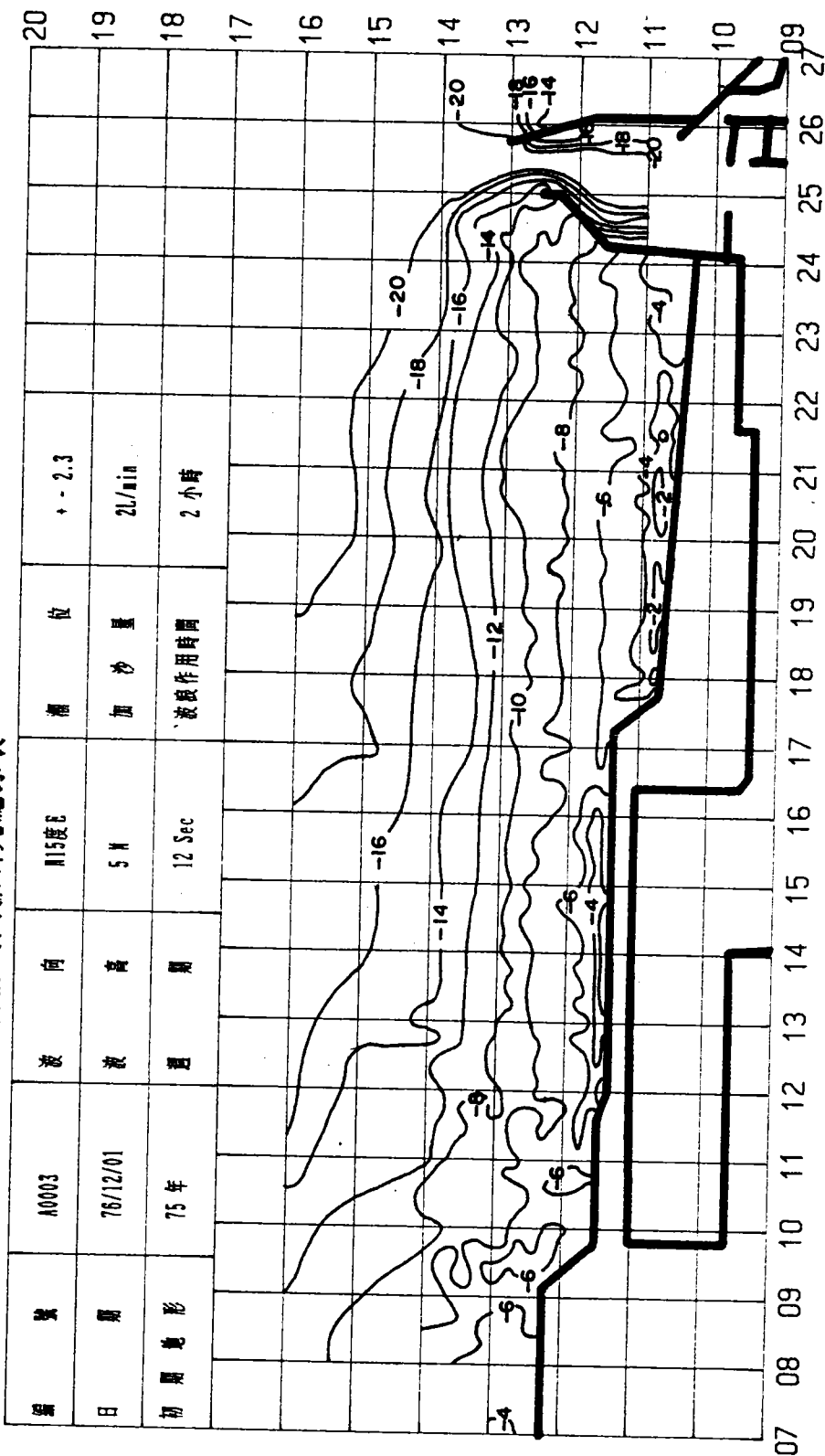


圖 7-1 (c) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

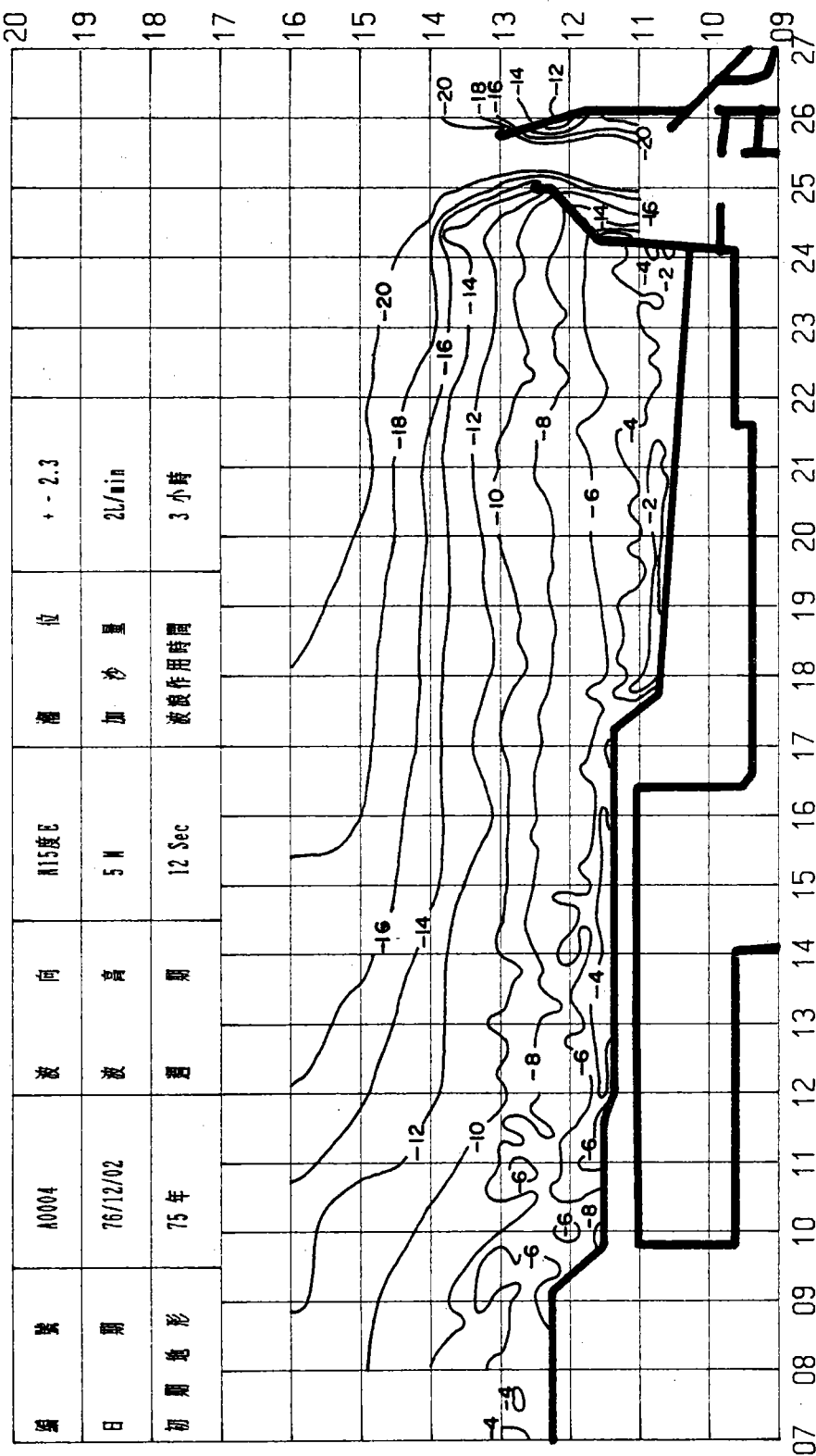


圖 7 - 1 (d) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計畫試驗研究紀錄表

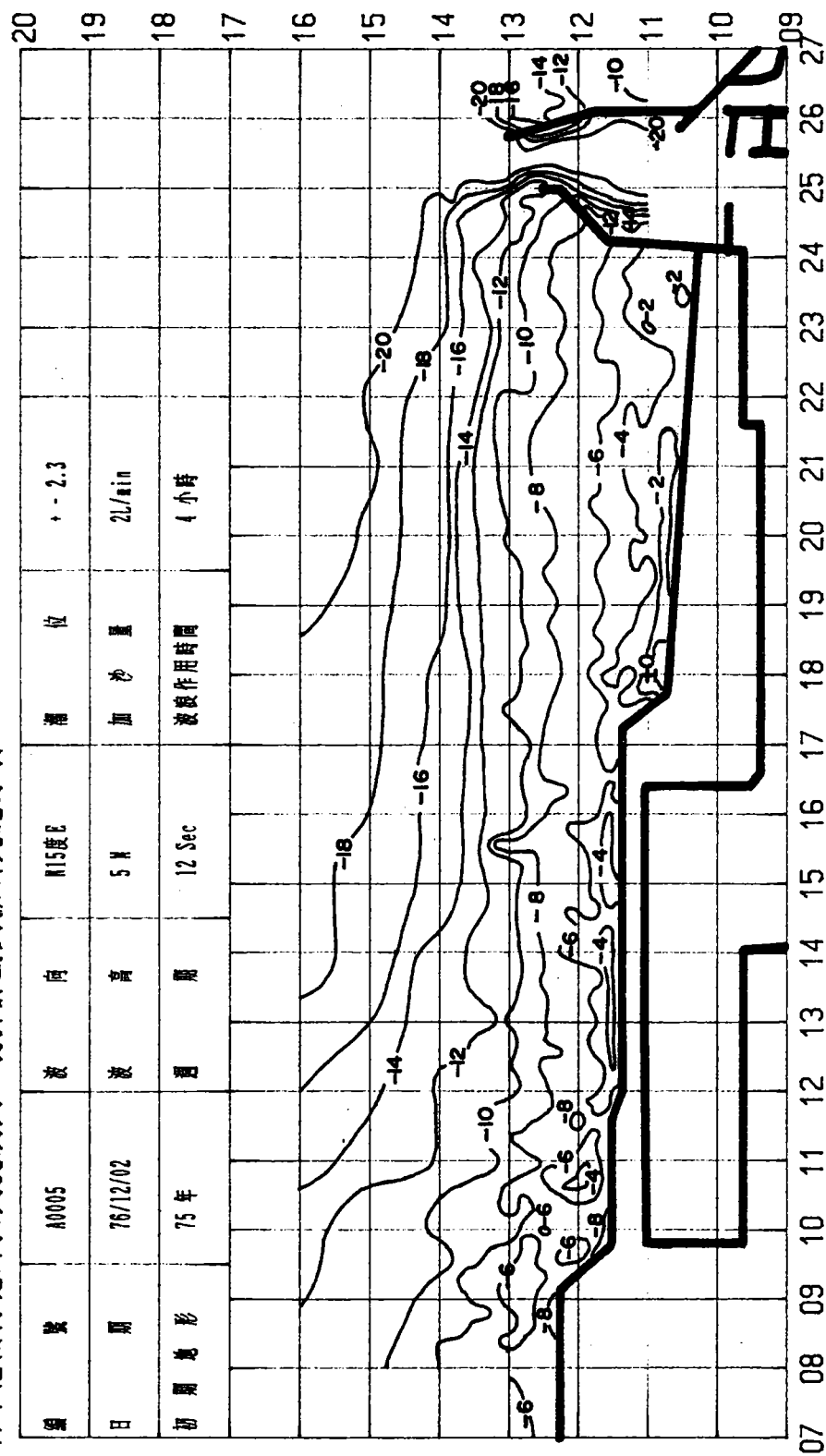


圖 7 - 1 (e) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

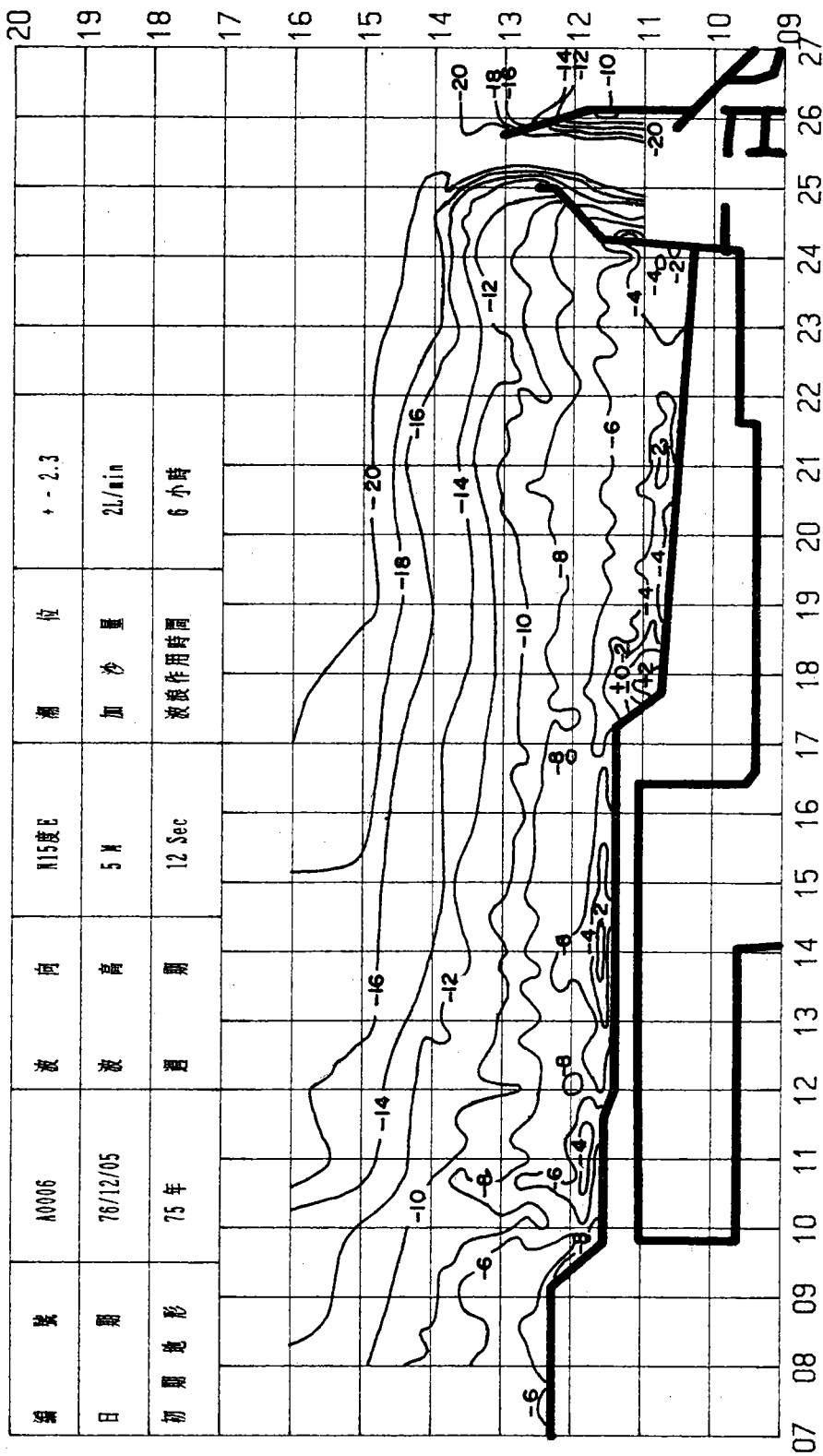


圖 7 - 1 (f) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計畫試驗研究紀錄表

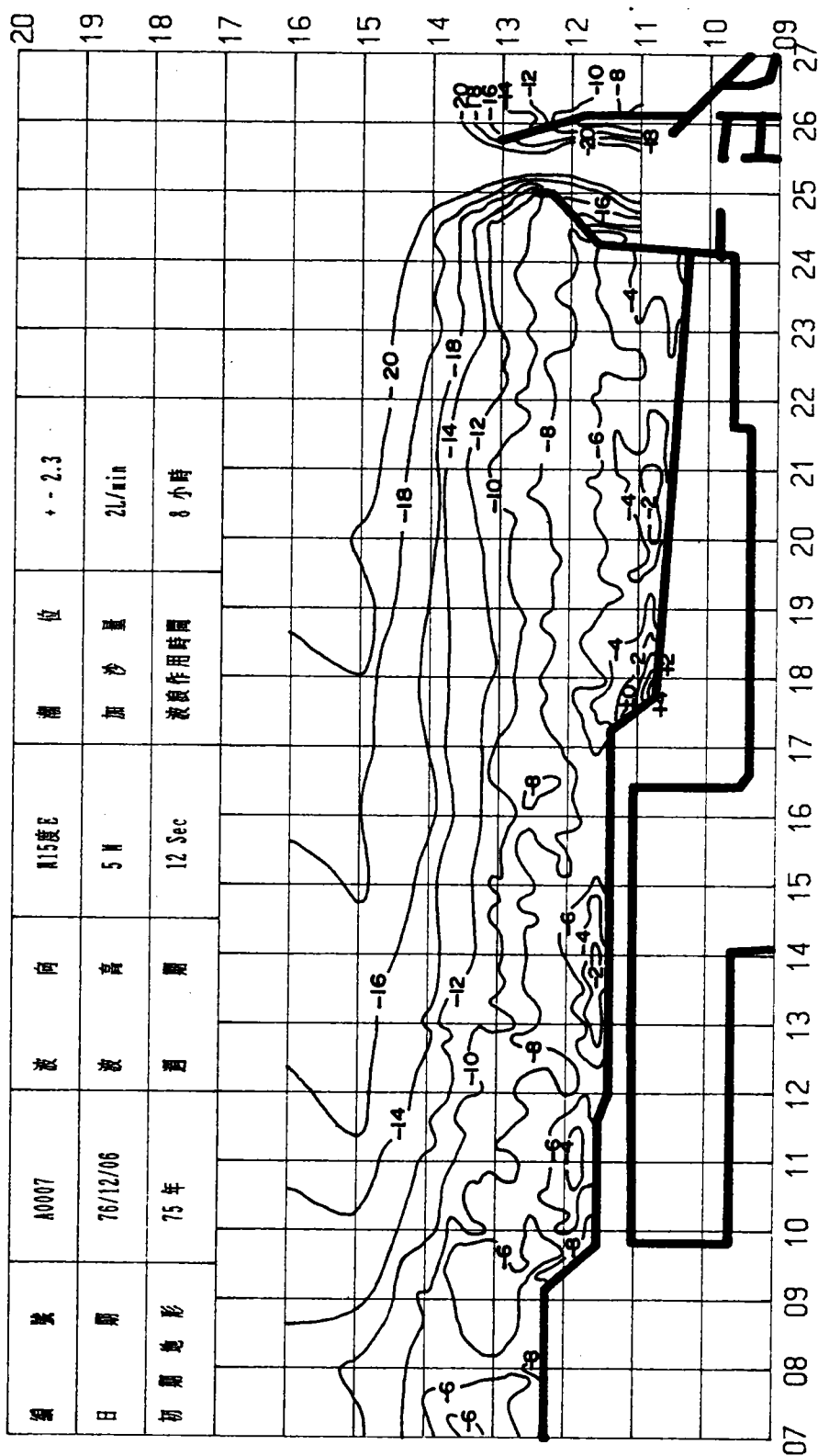


圖 7 - 1 (g) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

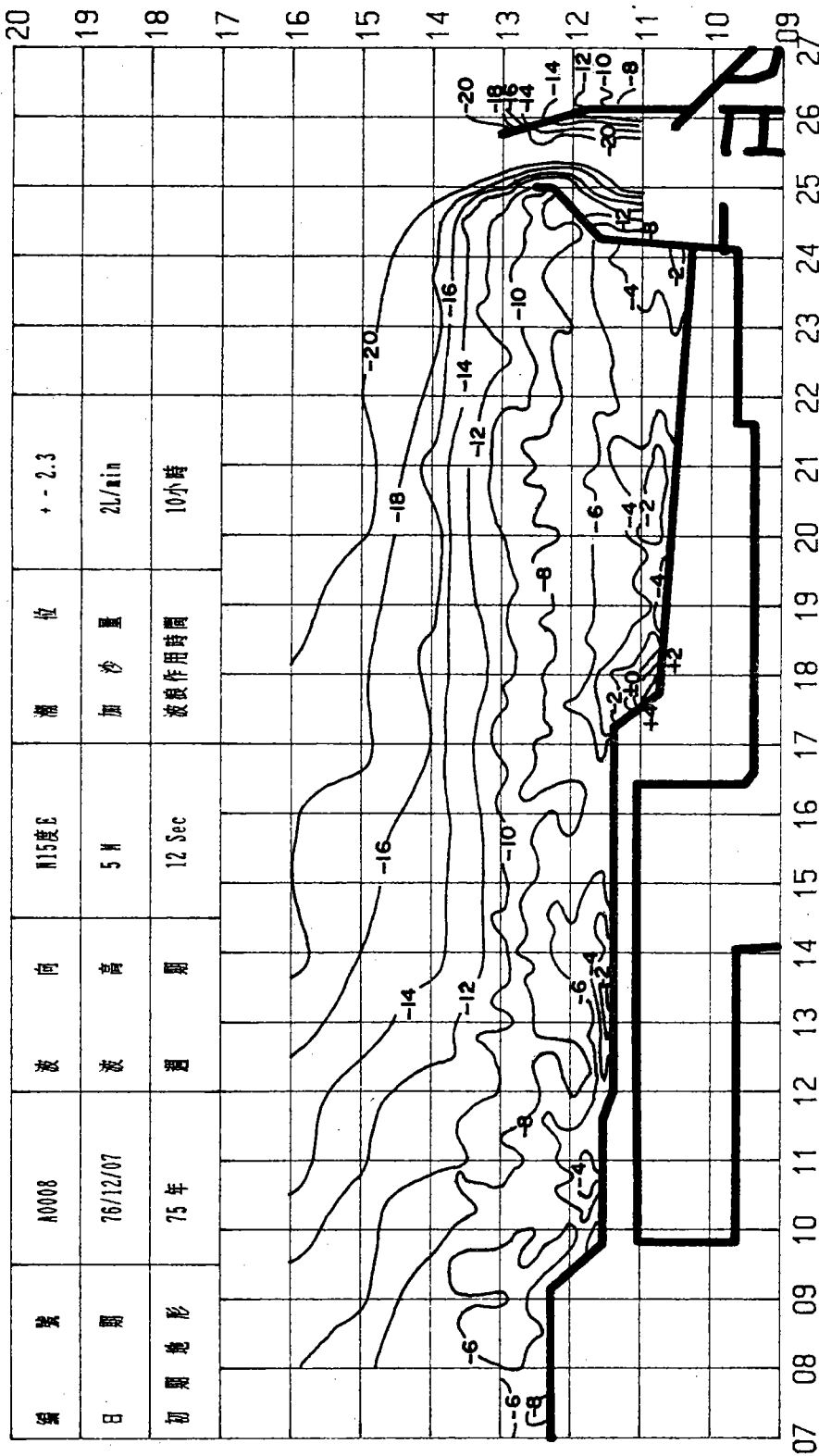


圖 7 - 1 (h) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

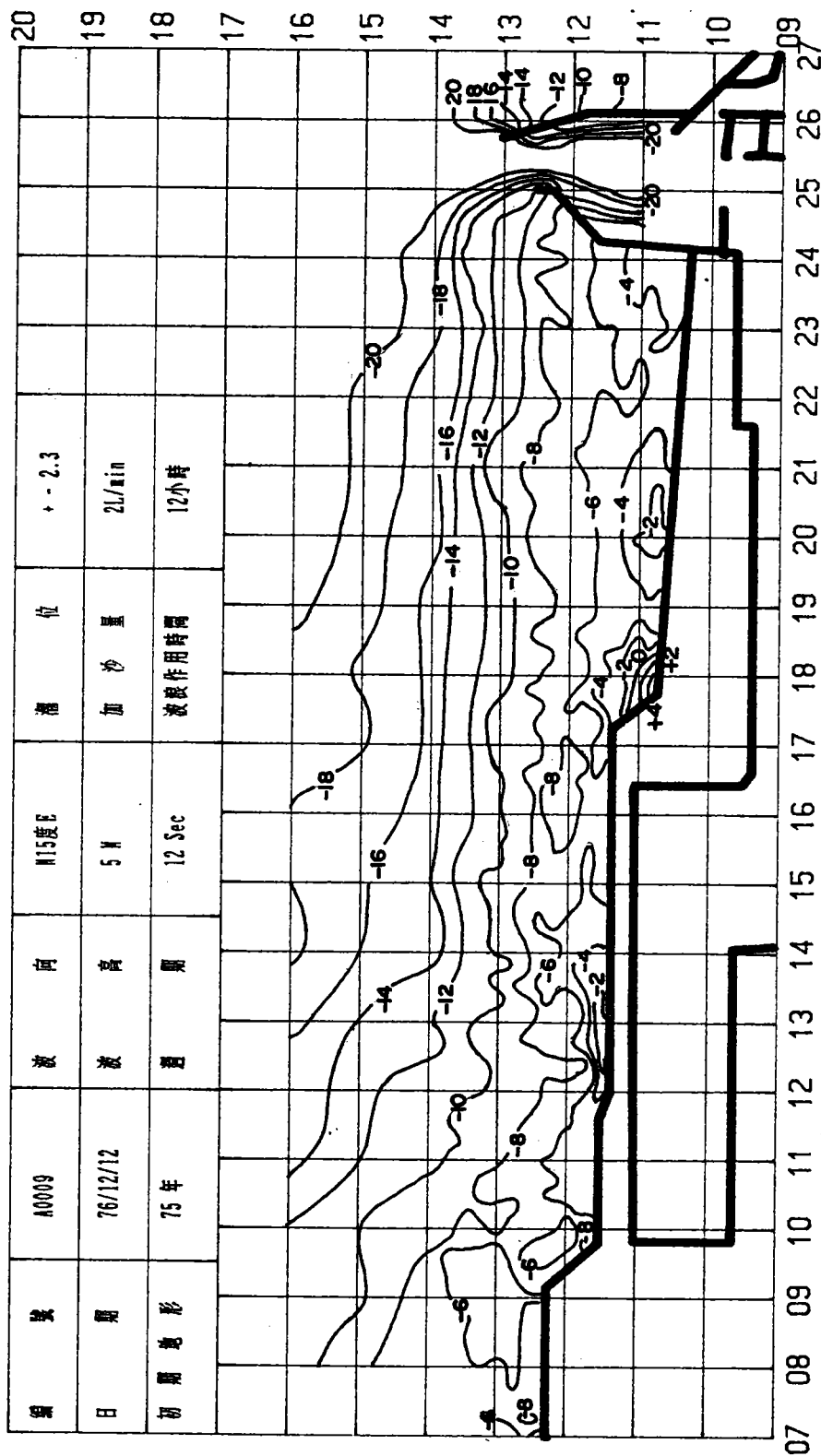


圖 7-1 (i) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

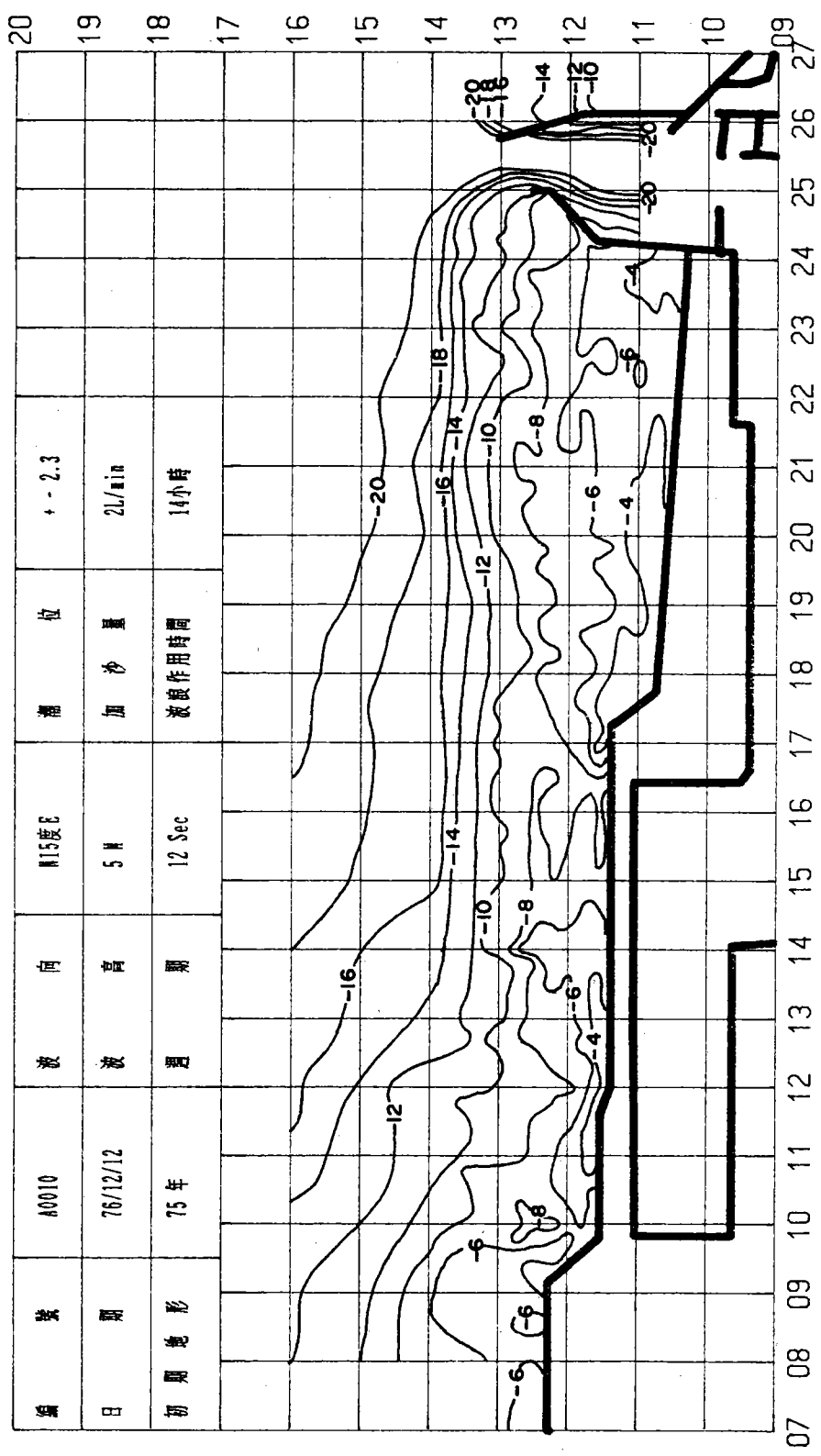


圖 7 - 1 (j) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

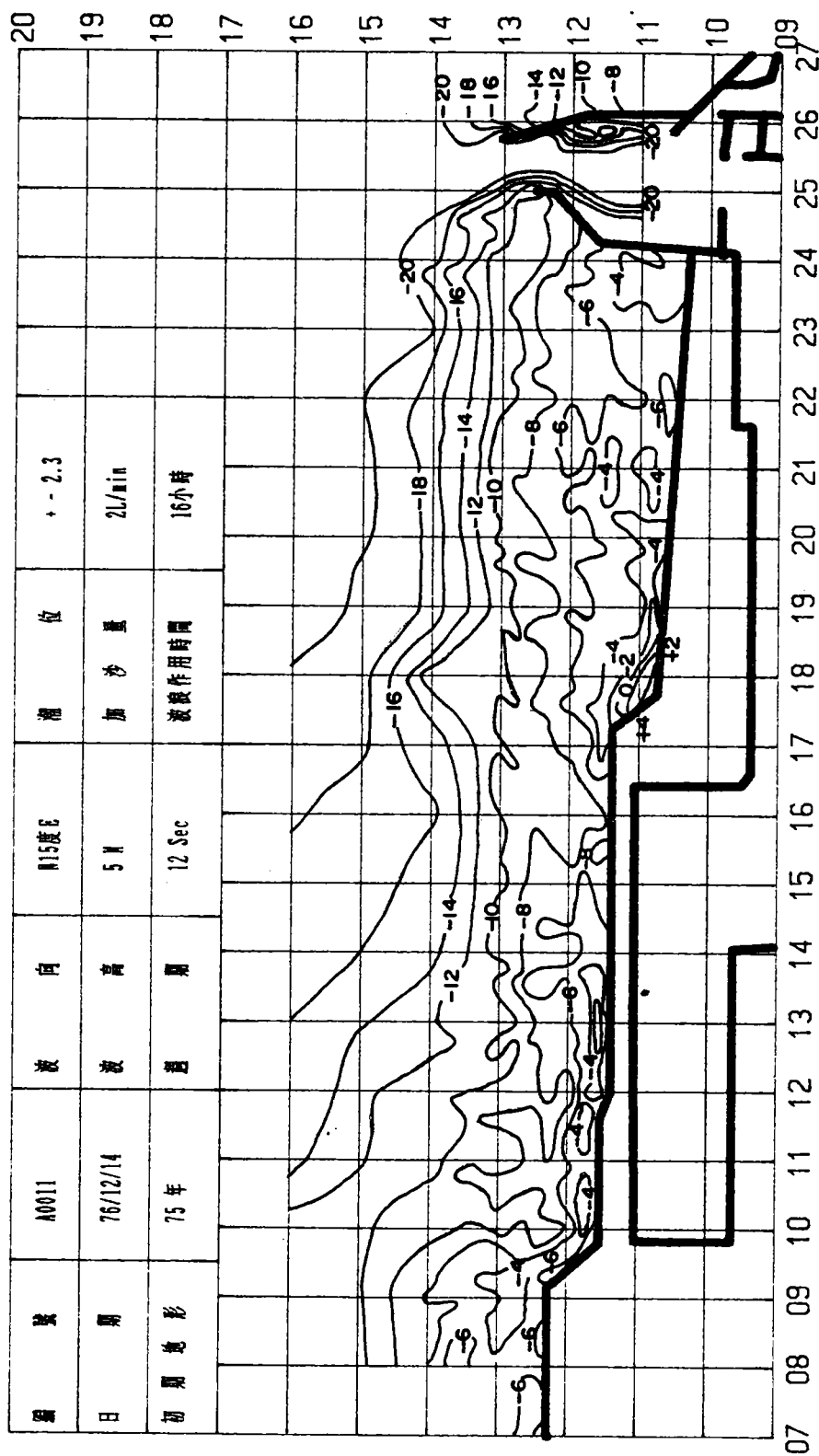


圖 7 - 1 (k) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

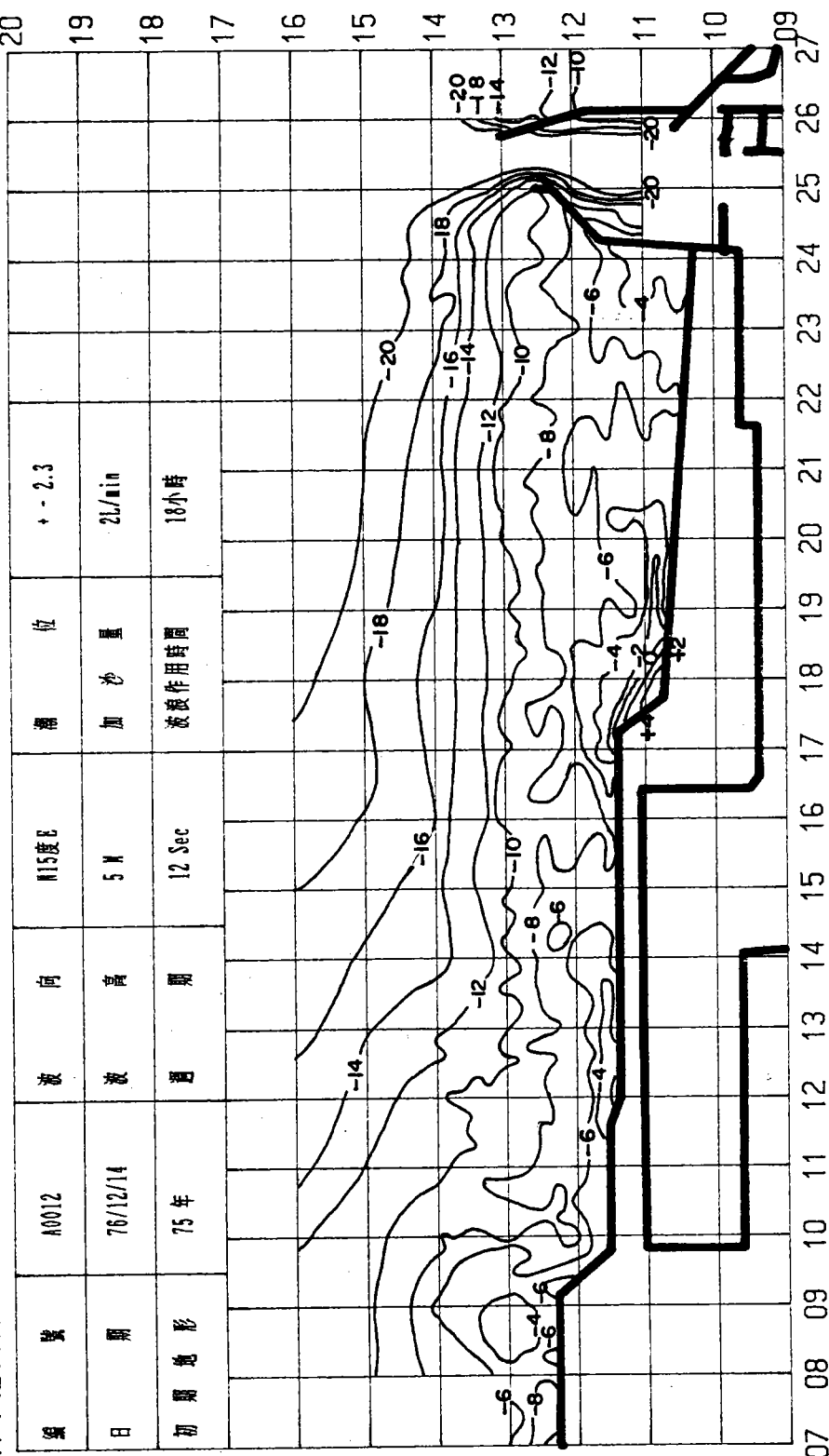


圖 7 - 1 (I) 佈置試驗 A 南海堤附近底地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計畫試驗研究紀錄表

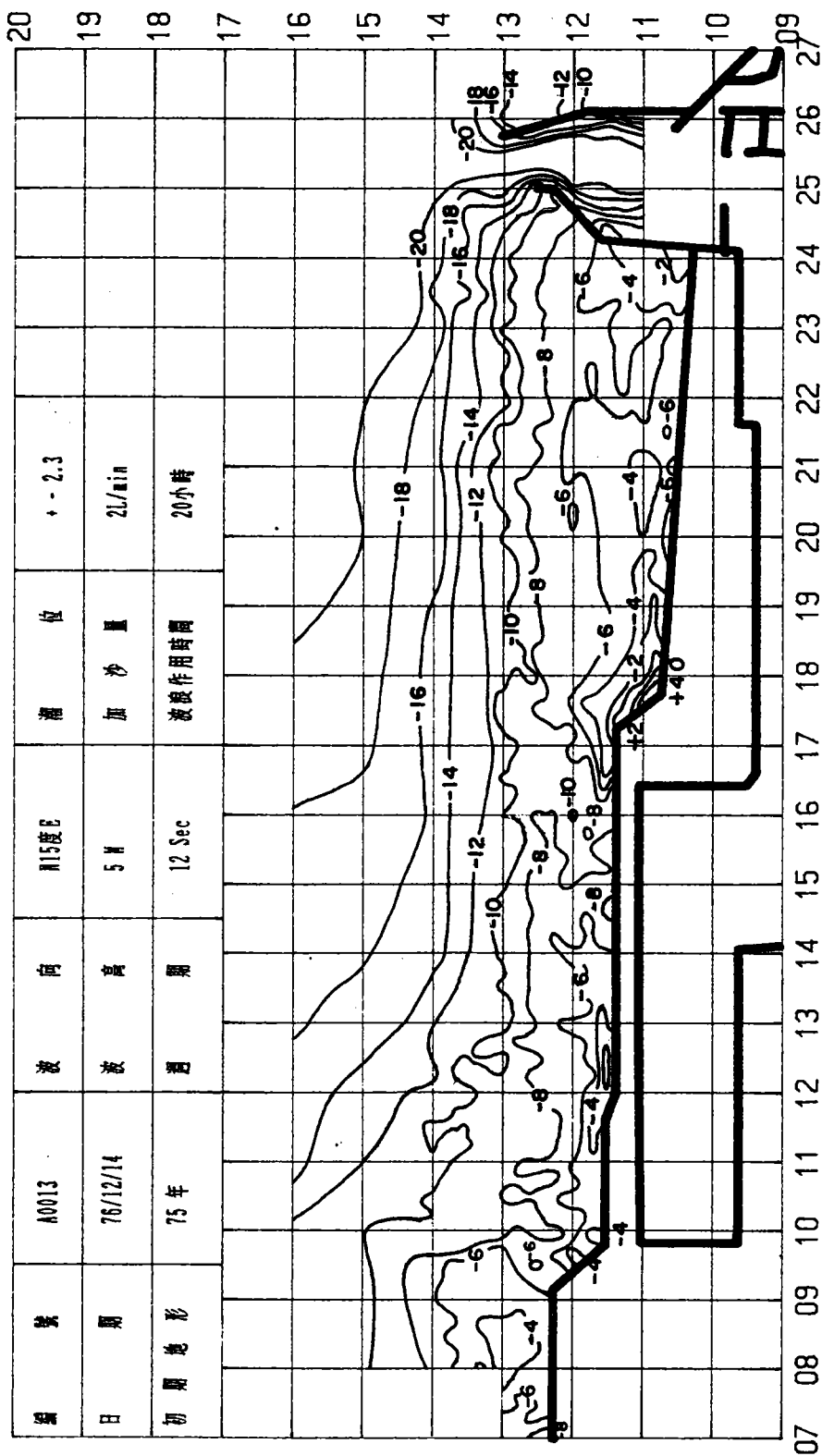


圖 7 - 1 (m) 佈置試驗 A 南海堤附近底床地形變化圖

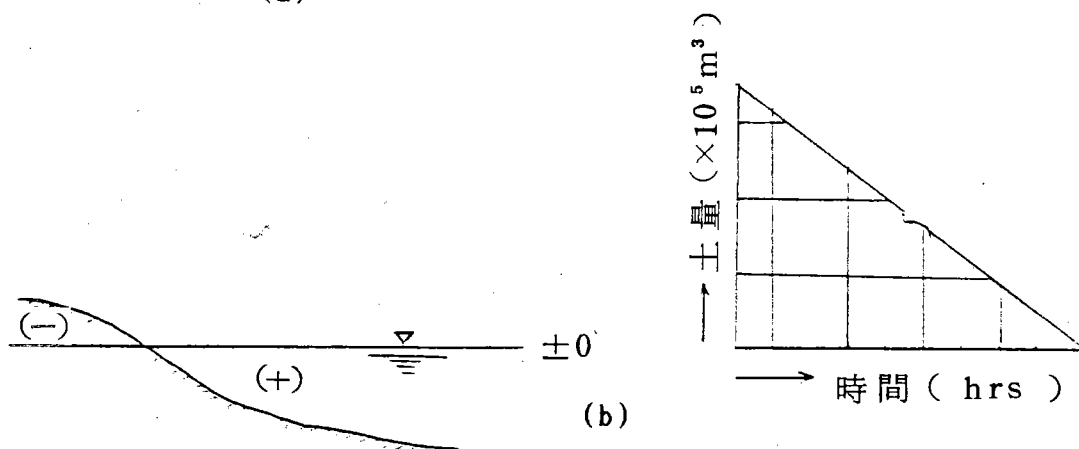
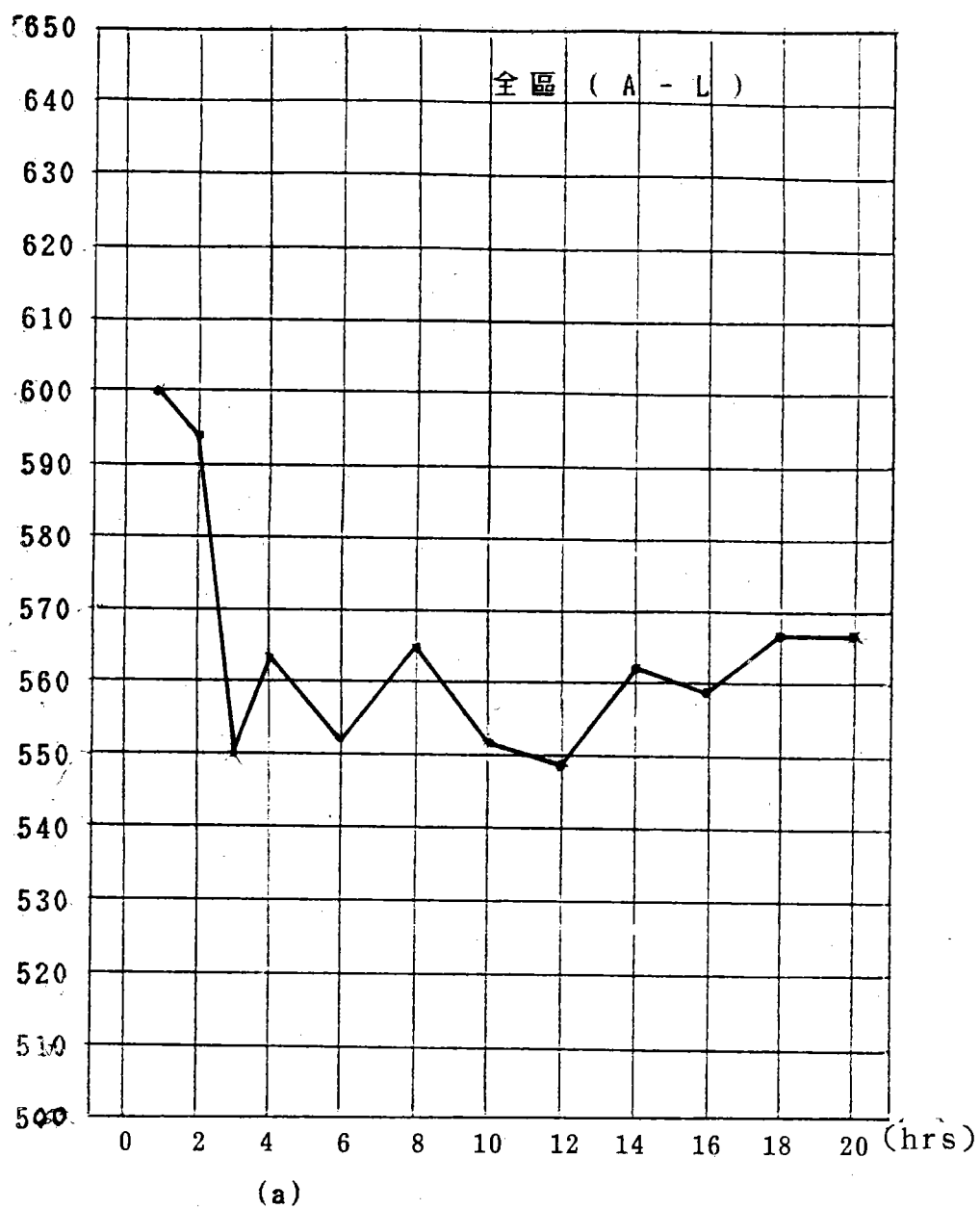


圖 7 - 2 佈置試驗 A 南海堤附近侵蝕, 堆積土量變化圖

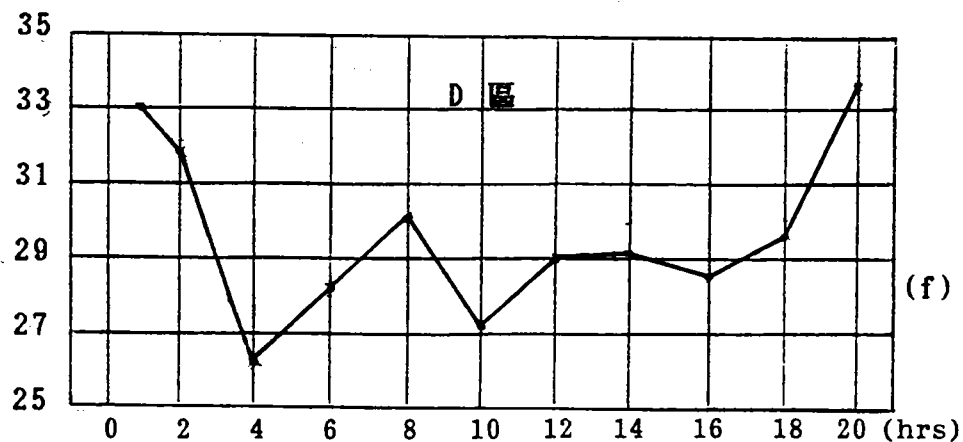
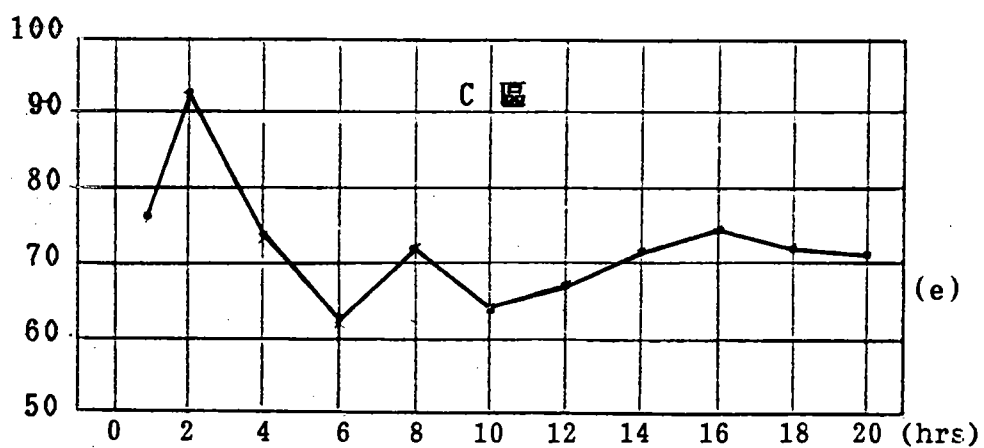
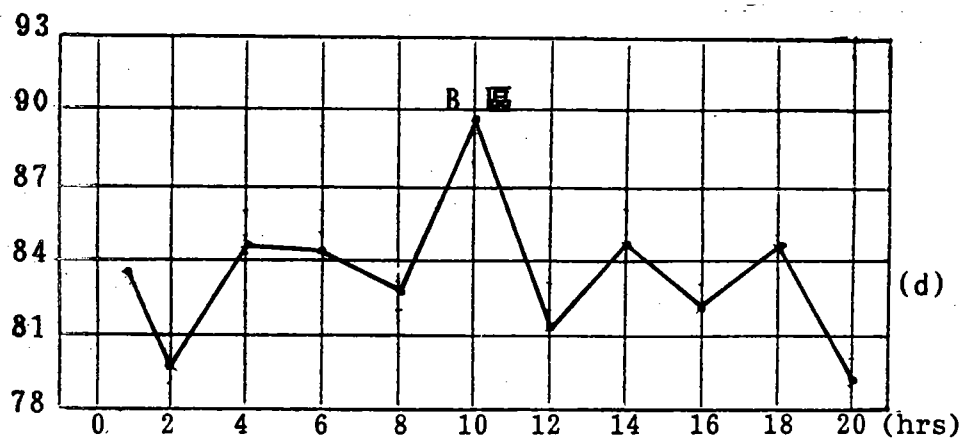
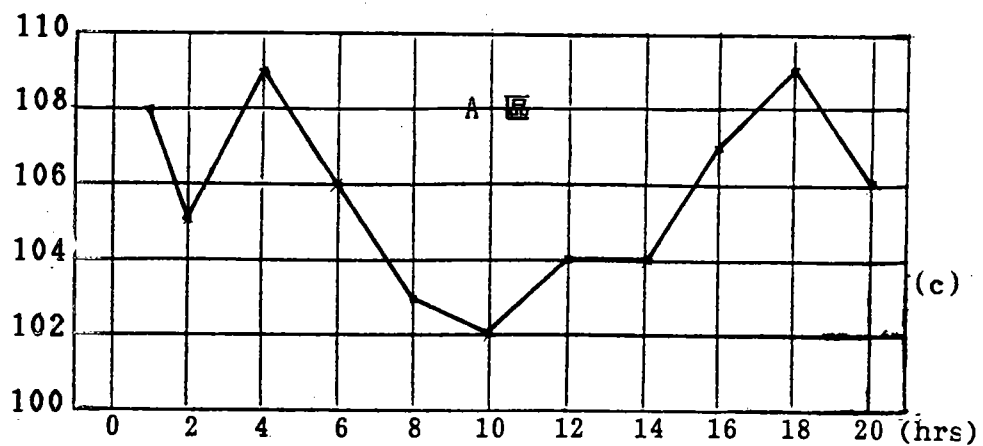


圖 7 - 2 (續) 佈置試驗 A 南海堤附近侵蝕, 堆積土量變化圖

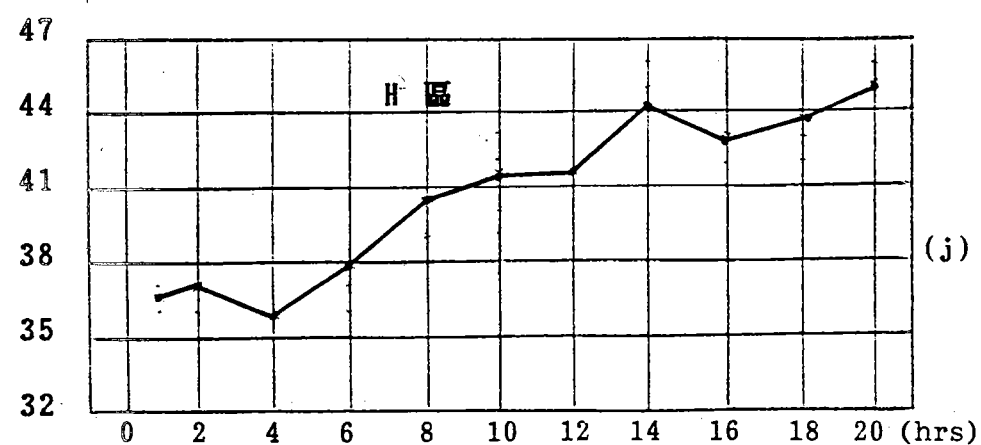
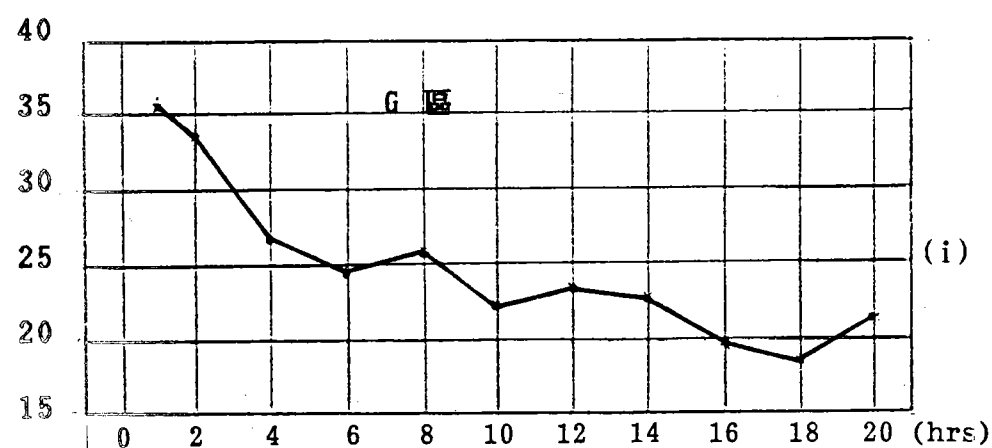
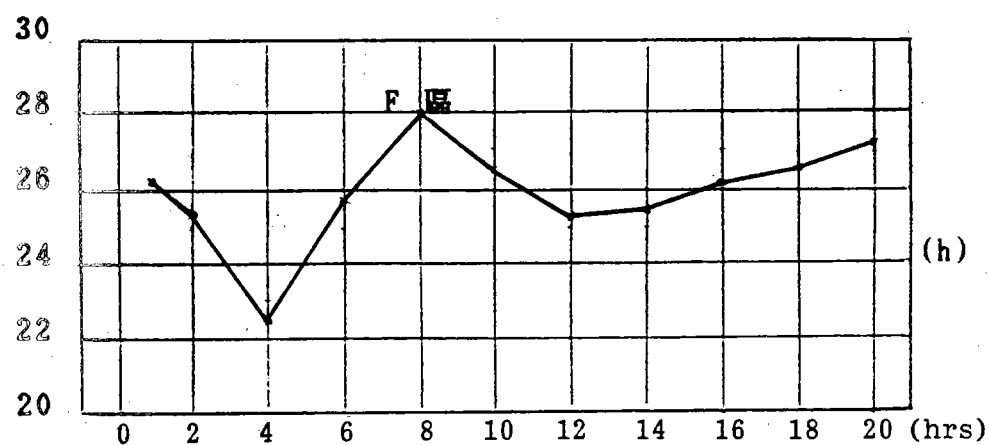
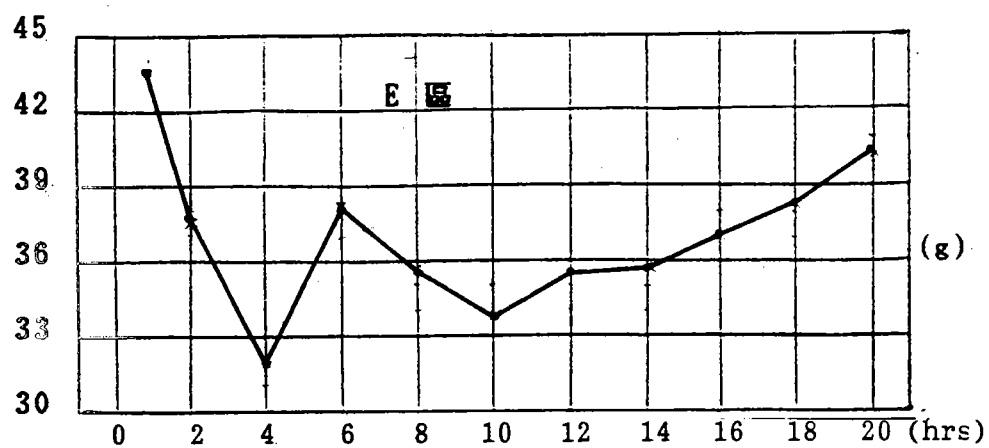


圖 7 - 2 (續) 佈置試驗 A 南海堤附近侵蝕,堆積土量變化圖

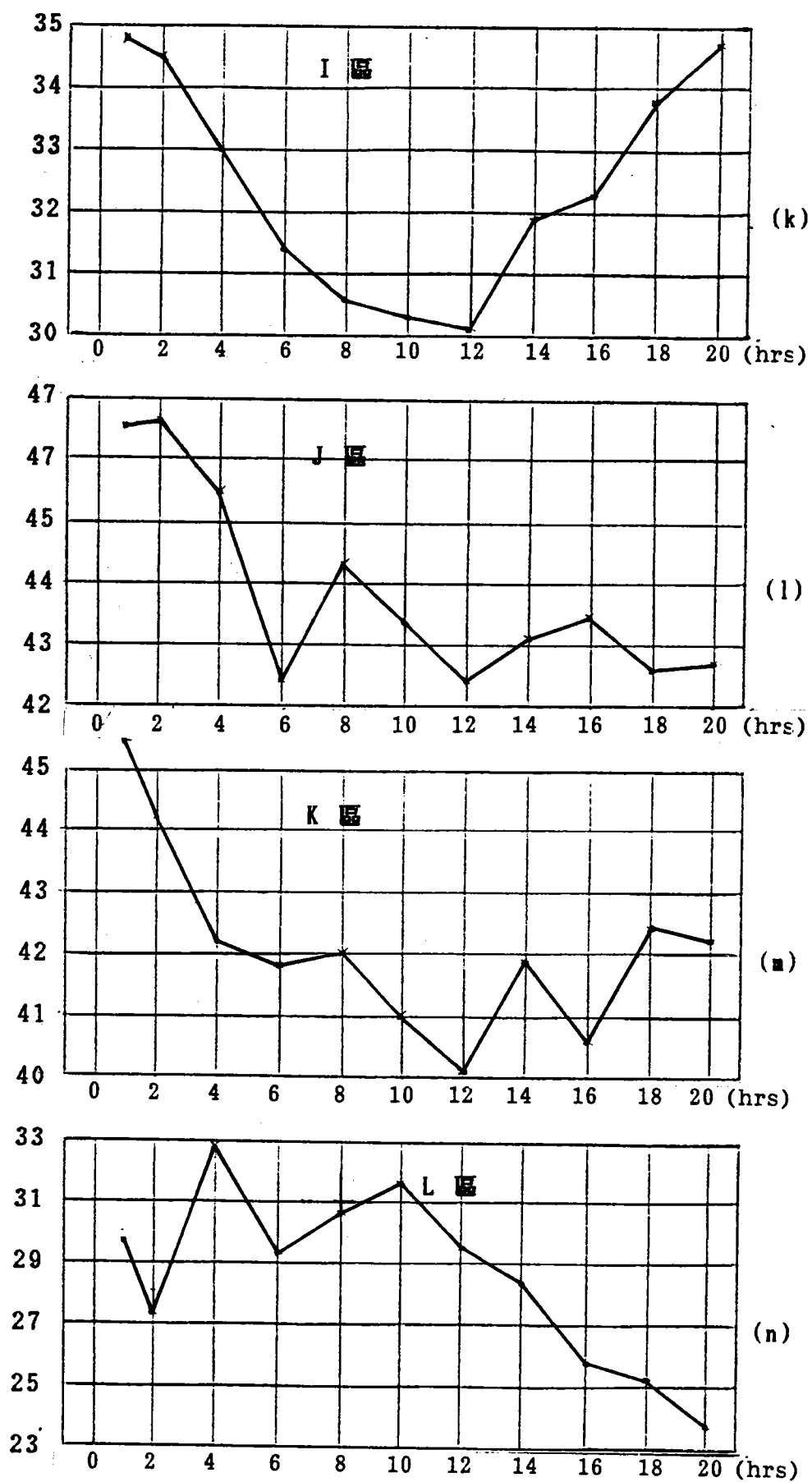


圖 7 - 2 (續) 佈置試驗 A 南海堤附近侵蝕, 堆積土量變化圖

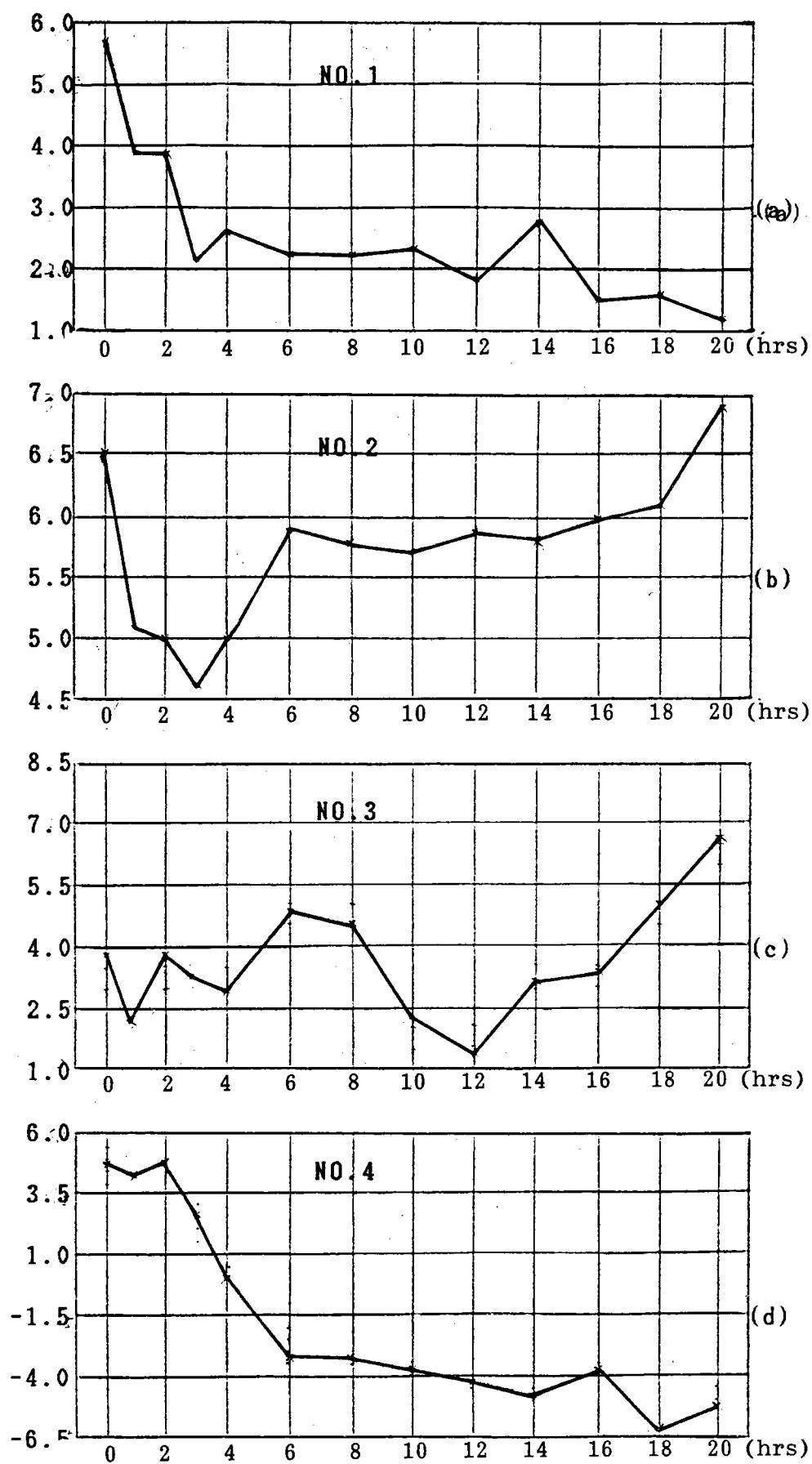


圖 7-3 佈置試驗 A 南海堤附近主要點水深變化圖

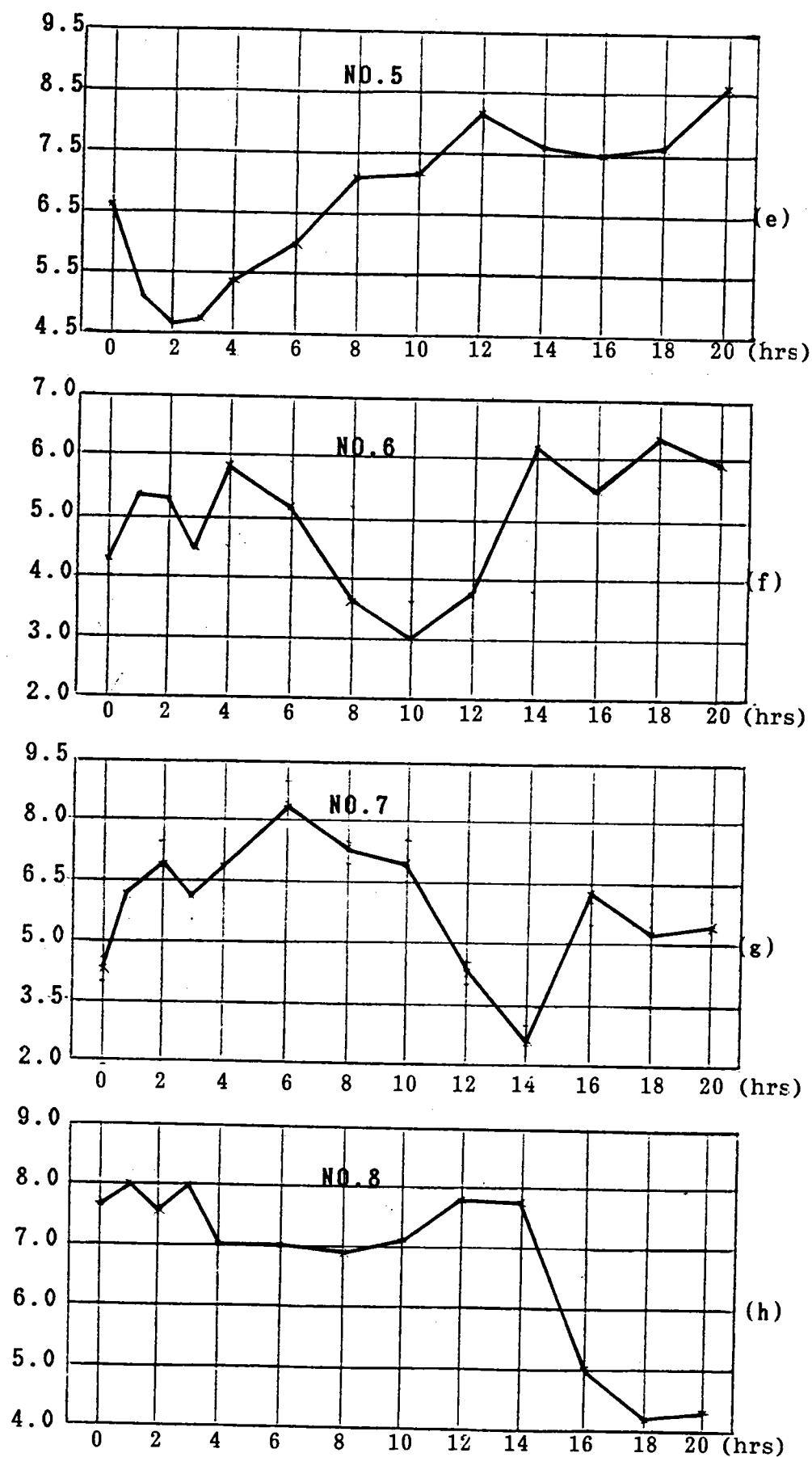


圖 7 - 3 (續) 佈置試驗 A 南海堤附近主要點水深變化圖

<二> 現狀佈置人工養灘試驗 B

外廓堤防現狀佈置 A，南海堤全部興建完成後，在相同波浪條件累積造波時間 20 小時作用下，因 N15° E 向波浪，繞過南防波堤堤頭，經折射與其受南海堤反射作用回來波浪，二者在南海堤前形成顯著短峰波（short-crested wave）現象，試驗結果顯示，在累積造波時間達 4 小時後，等深線負 10m 以下者，在此種相同波浪條件作用下，地形變化並不顯著，而負 8m 以上者等深線則變化較大，尤以距南防波堤堤趾約 1 公里以及 4 公里處底床明顯有侵蝕現象，地形變化激烈，而被侵蝕土砂量則順著短峰波前進方向分別堆積在南海堤三個折角處，累積造波時間愈久，堆積現象愈明顯。惟等深線負 8m 以上全區總土砂量之變化量，由圖 7-2 知在累積造波時間達 12 小時後到累積造波時間 20 小時每小時侵蝕量平均為 $22.6 \times 10^4 \text{ (m}^3\text{)}$ 換算現場相當於約每年 13 萬立方米（假設預備試驗條件能代表該區長期波浪情況時）；惟根據台中港務局所提供民國六十五年至民國七十五年台中港外廓堤防附近水深圖，就目前已興建南海堤西側到等深線負 10m 間，平均每年侵蝕量約為 30 萬立方米，故為確保現有南海堤安全計且根據佈置 A 試驗結果，假設自北往南漂沙完全為北防波堤所阻絕，則人工養灘加沙量為安全計，採試驗 A 每年侵蝕量二倍即為採用每年約 30 萬立方米作為加沙量，加沙方式則依據試驗結果，在侵蝕段上游採定點岸邊加沙方式以進行人工養灘試驗，故依據已往預備試驗

結果，現地每年 120 萬立方年漂沙量在模型上以每分鐘 2 公升之加沙量可以讓地形重現，則本試驗人工養灘加沙量 30 萬立方米換算為模型上之加沙量則應為每 5 分鐘 2 公升，若以漂沙時間縮尺現地一年相當於模型 35 分鐘計算，則在此試驗條件下，模型上應每年投置 14 公升土沙量，故人工養灘若以 6~8 年補充沙源一次則模型上共需投置約 $14 \text{ 公升} \times 7 \approx 100 \text{ 公升}$ 漂沙量，而現地 7 年換算為模型則約需 $7 \text{ 年} \times 35 \text{ 分} / \text{年} \approx 4 \text{ 小時}$ ，故在本試驗中，依據佈置 A 試驗結果以兩種不同加沙時間方式分別進行兩種試驗 B - 1 與 B - 2。

佈置試驗 B - 1：係以每 4 小時加 100 公升之漂沙量於下面 4 個地點如表 7 - 1 所示，南海堤採直立壁不加消波塊石。

表 7 - 1 試驗 B - 1 加沙條件

距南防波堤堤趾處	投置漂沙量	加沙方式
500 公尺	25 公升	岸邊加沙
2000 公尺	30 公升	"
3500 公尺	25 公升	"
5000 公尺	20 公升	"

佈置試驗 B - 2：根據試驗 B - 1 結果，改以每 2 小時加 50 公升於同樣 4 個地點如表 7 - 2 所示，南海堤採直立壁惟加消波塊石。

表 7 - 2 試驗 B - 2 加沙條件

距南防波堤堤趾處	投置漂沙量	加沙方式
500 公尺	12.5公升	岸邊加沙
2000 公尺	15 公升	岸邊加沙
3500 公尺	12.5公升	岸邊加沙
5000 公尺	10 公升	岸邊加沙

同時在試驗過程中分別在累積造波時間 0 小時、2 小時、4 小時、6 小時、8 小時後，利用水準儀量測南防波堤以南，各累積造波時段後，在模型上地形高程變化，加以繪製成等深線圖。

(1) 試驗 B - 1

圖 7 - 4 (a) ~ (e) 為試驗 B - 1 南海堤附近底床地形變化圖。

圖 7 - 5 為試驗 B - 1 南海堤附近主要點水深變化圖。

人工養灘試驗 B - 1 累積造波時間 2 小時後，試驗結果顯示，等深線負 8m 以下除靠近南海堤第二折角處向海側因受 N15° E 向波浪作用等深線外移外，其餘均無顯著變化，而負 6m 以上等深線，尤其靠近南海堤處，因投置岸邊漂沙受三維短峰波波浪作用沿著南海堤移動則呈淤積狀。如圖 7-4 (b) 所示第一折角處已有 +4m 等深線出現；累積造波時間 4 小時後，因該造波時段無漂沙來源供給，在南海堤岸邊之漂沙逐漸受波浪作用而往南移，第

一折角處原先 $+4\text{m}$ 之等深線已逐漸成為 $+2\text{m}$ 等深線，而第三折角處則呈淤積狀，其漂沙來源顯然來自上游處，惟整個南海堤附近地形均在 $\pm 0\text{m}$ 等深線以上如圖 7-4 (c) 所示；累積造波時間 6 小時後，該時段因人工養灘再投置 100 公升漂沙於岸邊之故，試驗結果顯示南海堤附近等深線坡度逐漸趨緩，負 2m 、 4m 、 6m 等深線逐漸往海側移，而第一折角處又呈淤積狀， $+4\text{m}$ 等深線再復出現，如圖 7-4 (d) 所示，而累積造波時間 8 小時後，因受固定 $N15^\circ E$ 向波浪作用，沿岸漂沙又逐漸被帶走，惟整個南海堤堤基之安定性顯因配合人工養灘已有顯著改善可由圖 7-1 (g) 與 7-4 (e) 比較得知。

圖 7-5 則為試驗 B-1 南海堤附近主要點水深變化試驗結果，累積造波 2 小時主要點 NO.1~NO.8 因人工養灘之故均呈顯著堆積；累積造波時間 4 小時後除 NO.2、NO.8 繼續淤積外（然不顯著）其餘均呈侵蝕，以 NO.3、4、5、6 為劇烈分別達 1m 以上（若與初期地形比較仍然呈淤積狀）如圖 7-5 (c)、(d)、(e)、(f) 所示；累積造波時間為 6 小時後因該時段配合著人工養灘主要點水深變化並不顯著呈穩定狀，惟累積造波時間達 8 小時則除 NO.1、2、6、7 淤積外其他 4 點均呈侵蝕，尤其是 NO.4，NO.8 水深變化達 2m 以上如圖 7-5 (d)、圖 7-5 (h) 所示。（惟與初期地形比較，各主要水深點除 NO.8 淤積 1.5m 較小外，其餘主要水深點均呈淤積 3m 以上）。照片 3 為佈置試驗 B-1 累積造波 8 小時後南海堤直立壁堤趾部份漂沙淤積侵蝕狀況。

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計畫試驗研究紀錄表

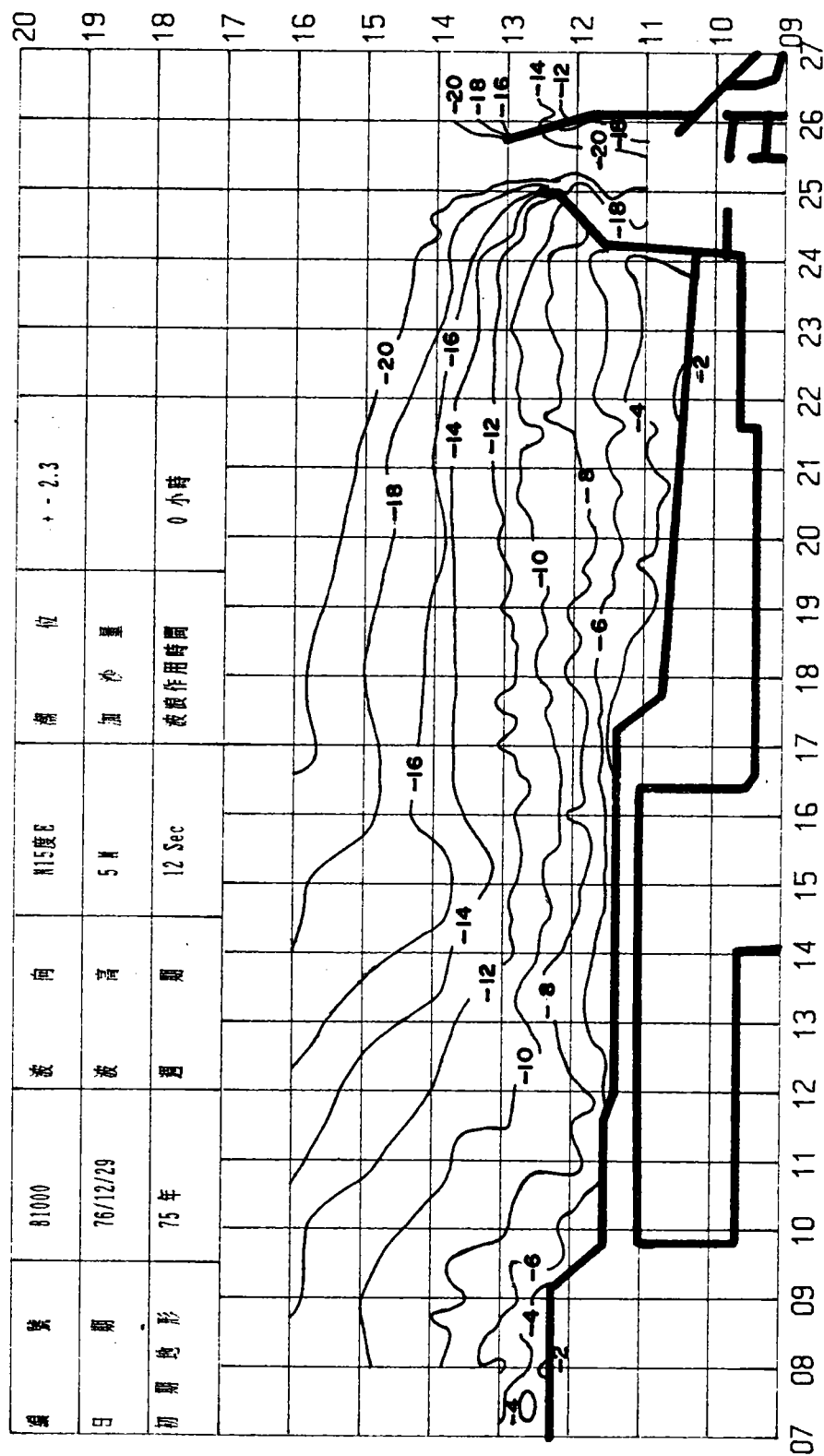


圖 7 - 4 (a) 佈置試驗 B - 1 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

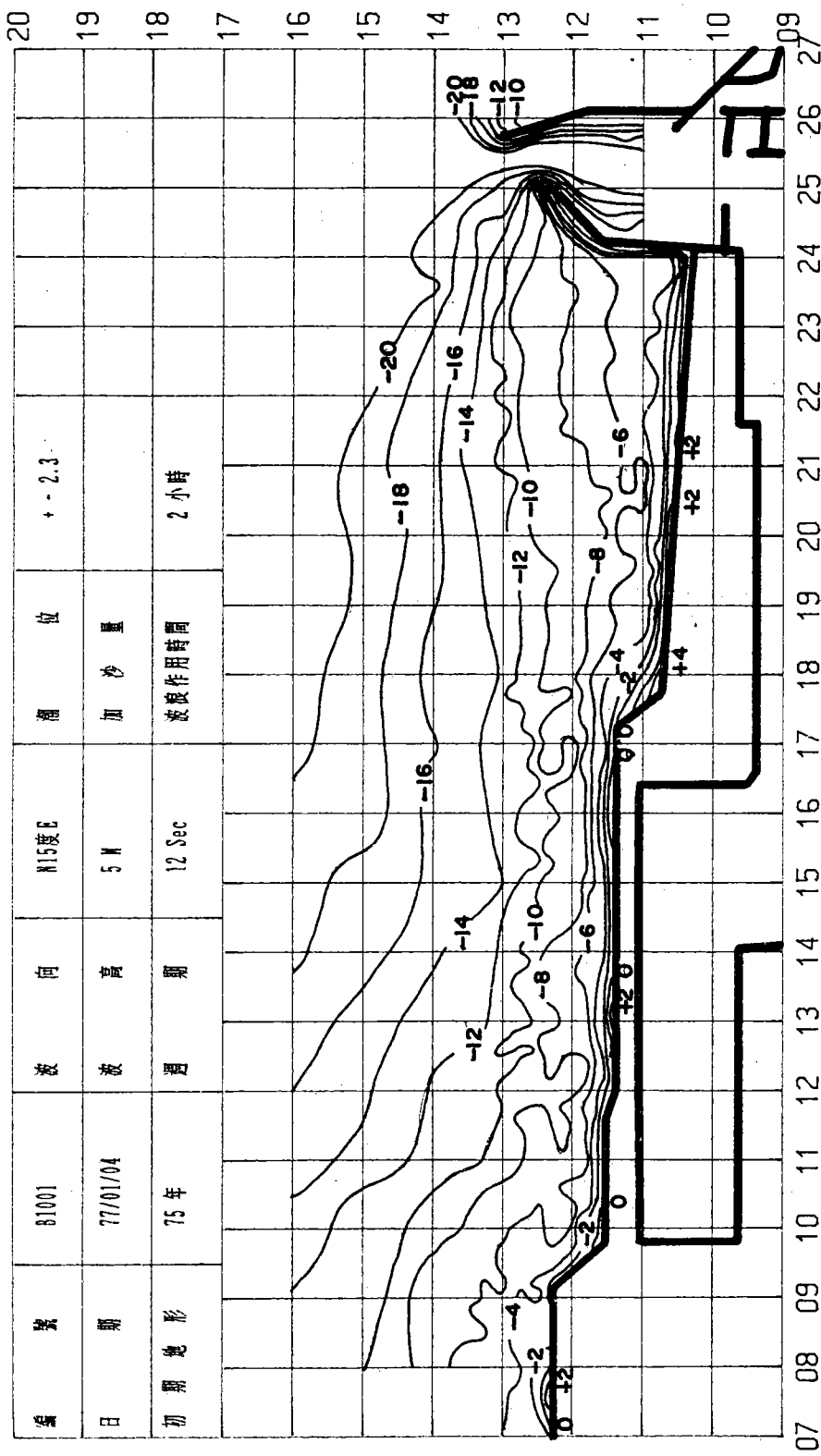


圖 7 - 4 (b) 佈置試驗 B - 1 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

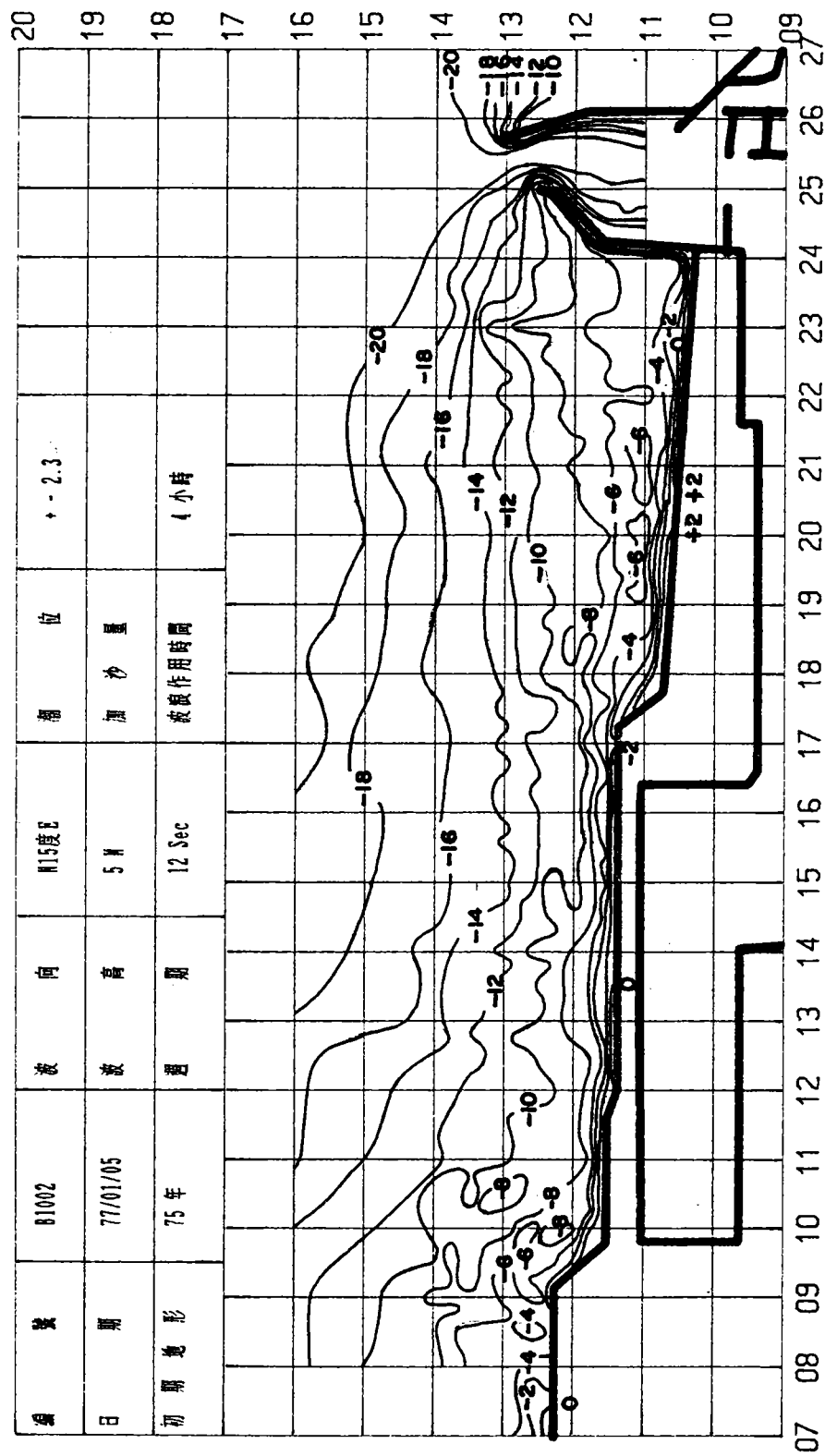


圖 7 - 4 (c) 佈置試驗 B - 1 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

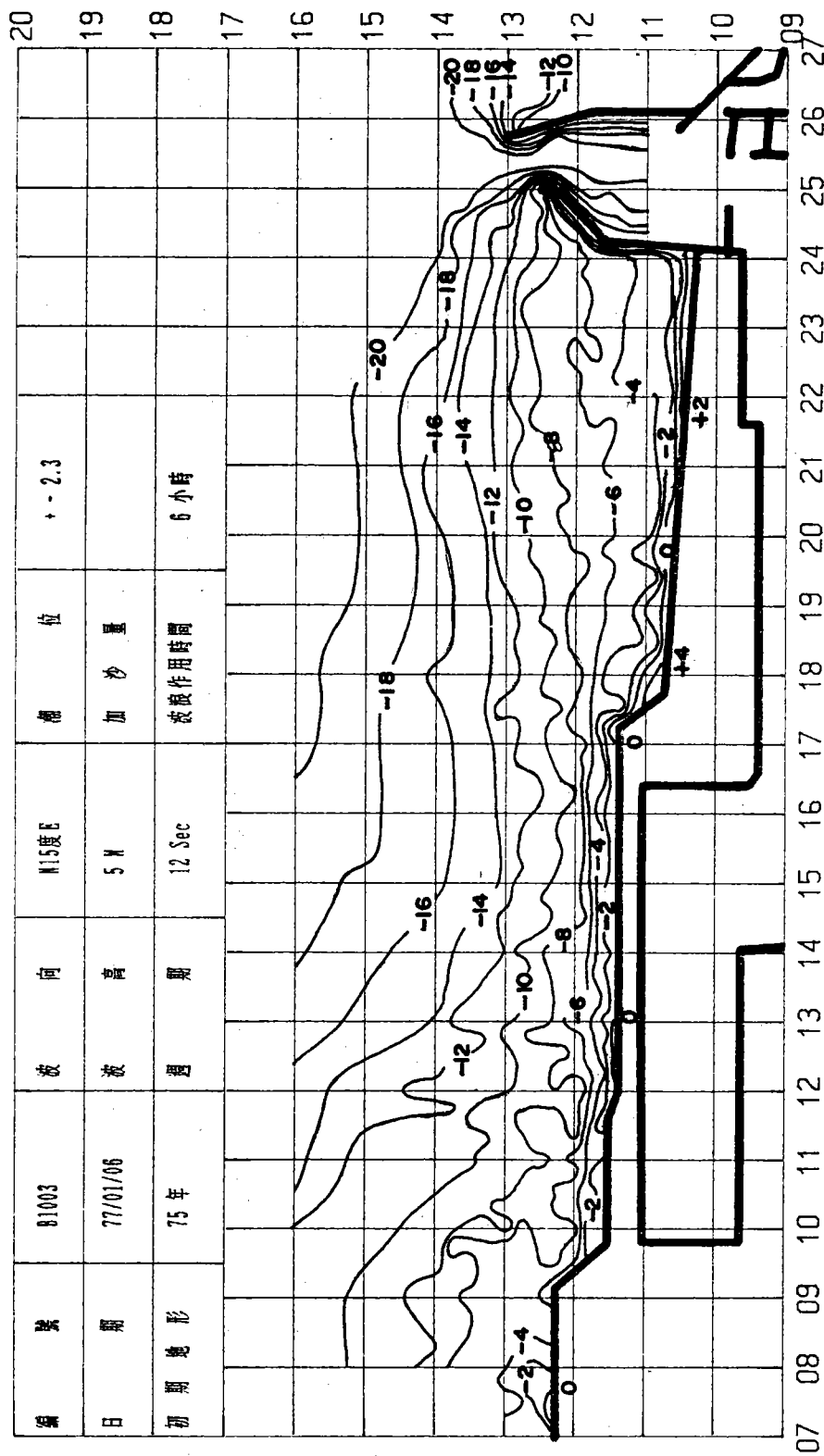


圖 7 - 4 (d) 佈置試驗 B - 1 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

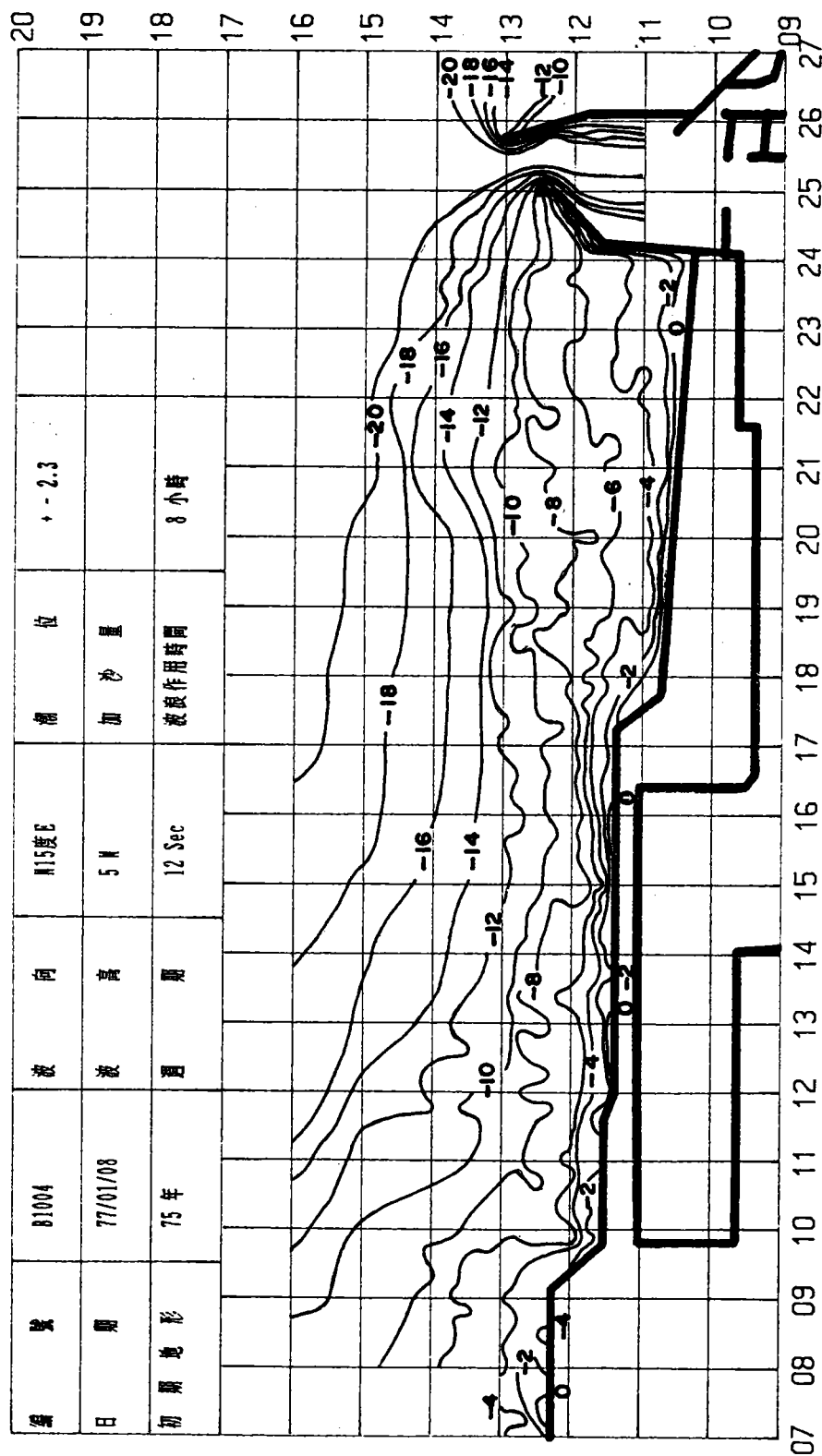


圖 7 - 4 (e) 佈置試驗 B - 1 南海堤附近底床地形變化圖

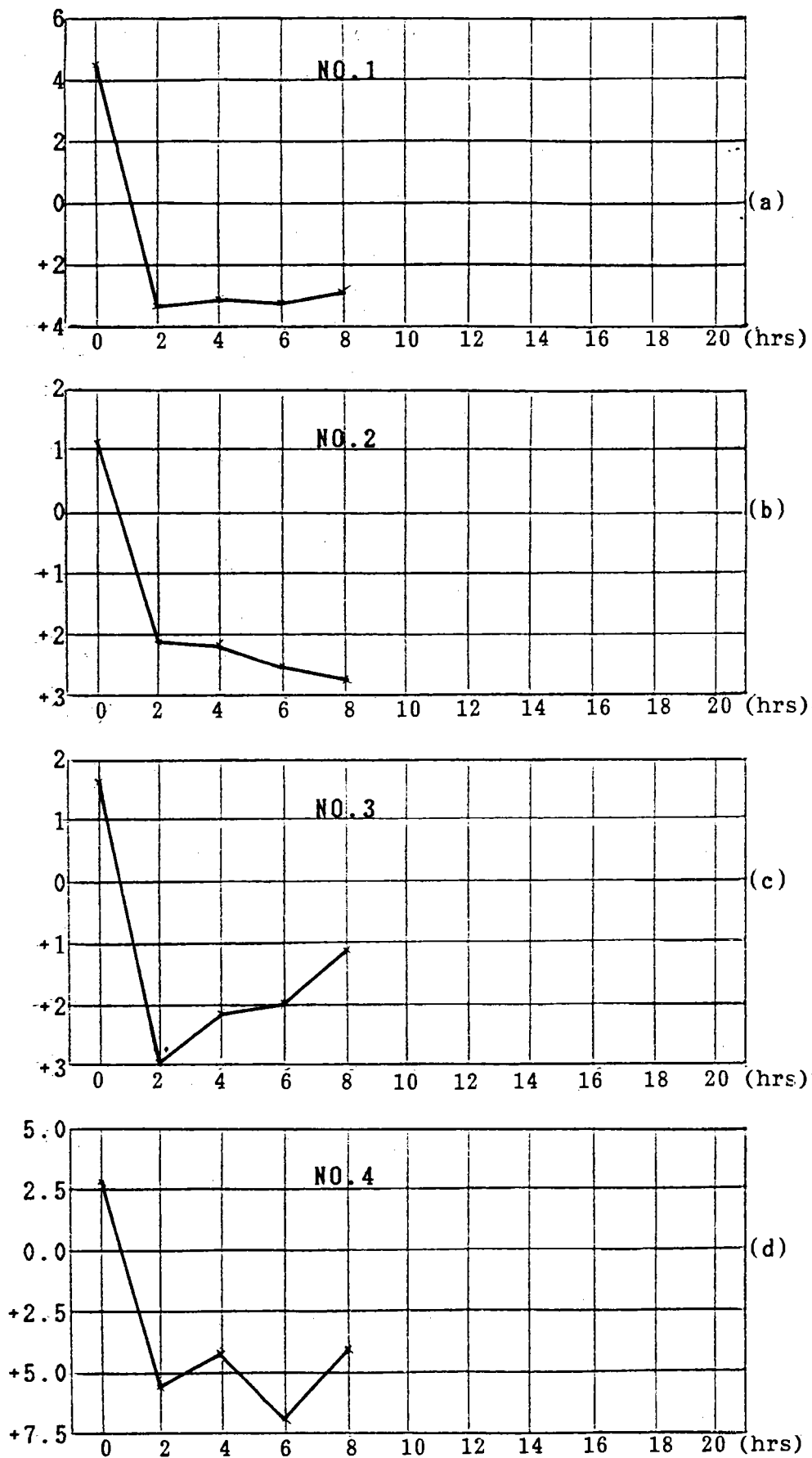


圖 7 - 5 佈置試驗 B-1 南海堤附近主要點水深變化圖

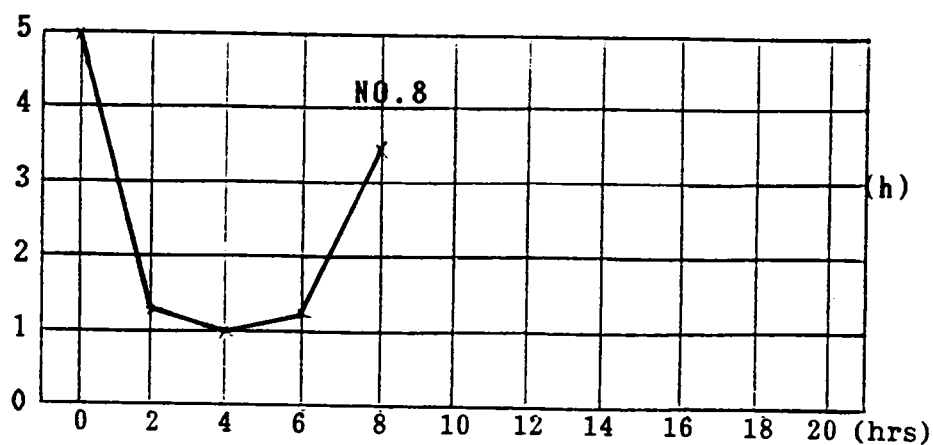
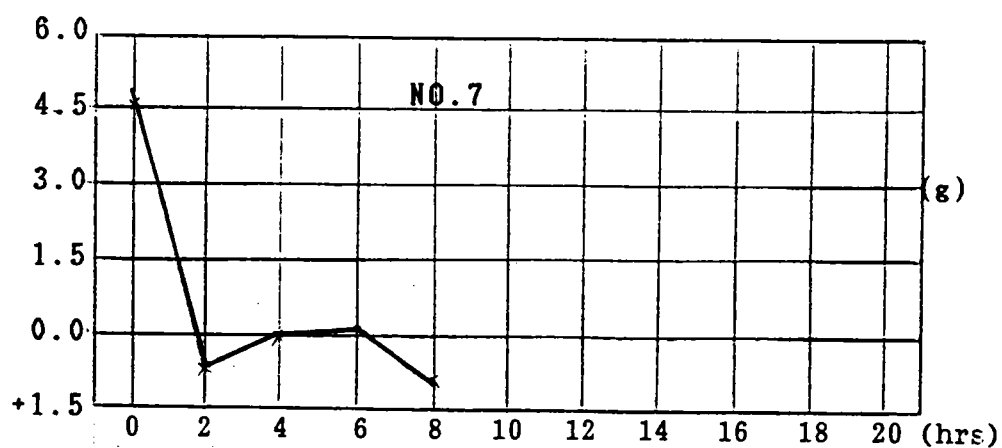
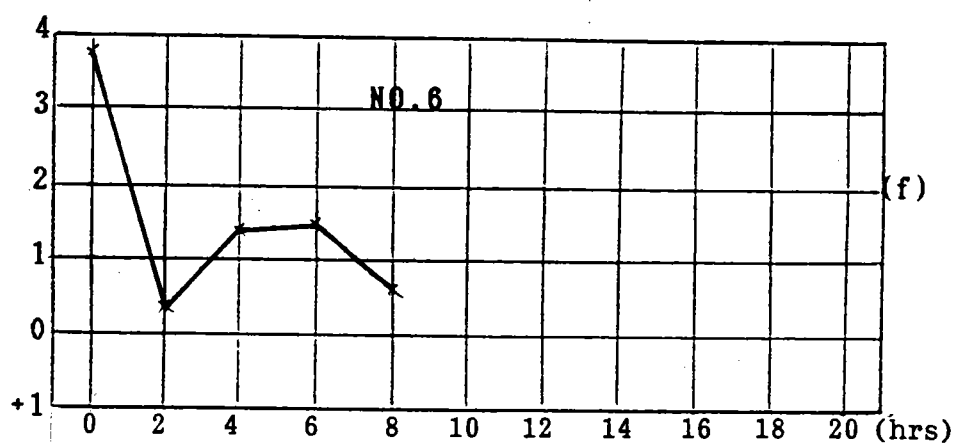
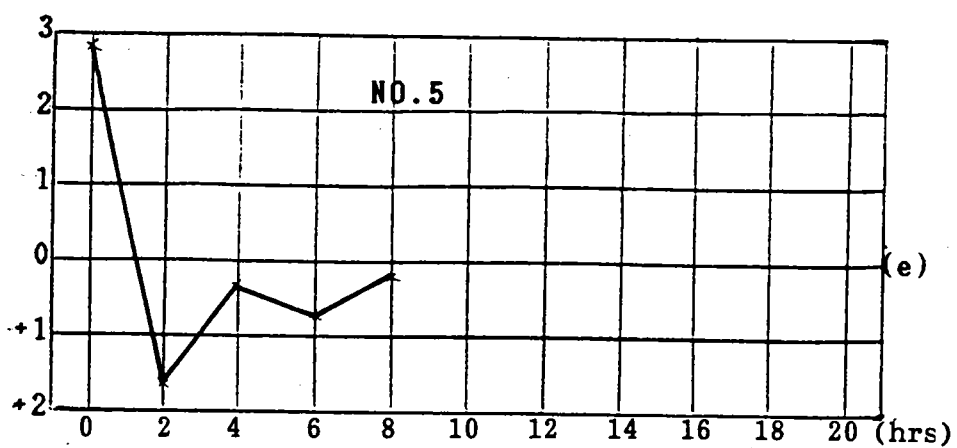
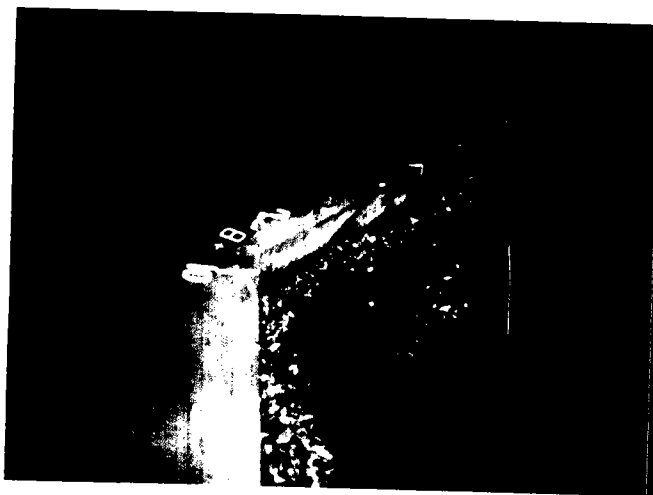
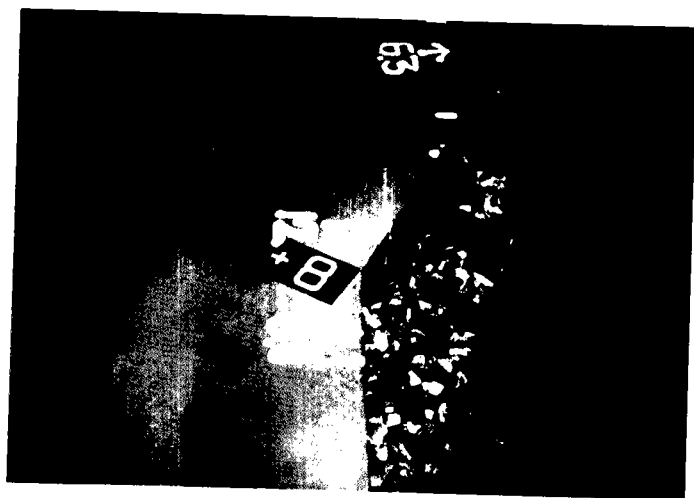
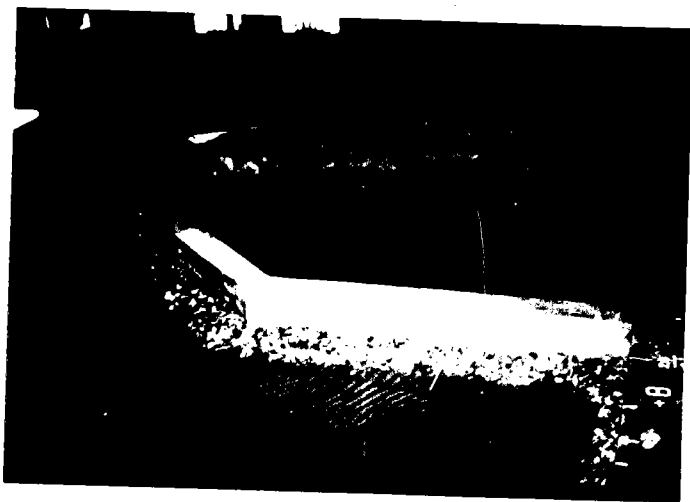
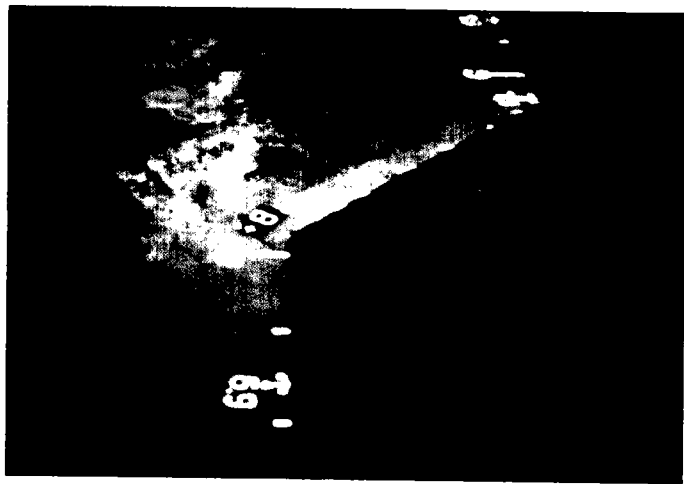


圖 7 - 5 (續) 佈置試驗 B-1 南海堤附近主要點水深變化圖



照片 3 佈置試驗 B-1



累積造波 8 小時後地形變化

(2) 試驗 B - 2

顯然由試驗 B - 1 試驗結果顯示，人工養灘若每年投置 30 萬立方米，在該試驗條件波浪情況作用下已可確保海堤堤基之安全，此投置砂量若包括應先行填平目前海堤已侵蝕之一百萬方米漂沙量，應該為一百卅萬立方米，且加沙間距以 2 小時為佳，故試驗 B - 2 加沙條件同試驗 B - 1 惟將加沙量減半並以每 2 小時人工養灘且配合港務局人員建議在南海堤直立壁前拋放塊石以減緩反射作用以進行試驗。

圖 7-6 (a) ~ (e) 為試驗 B - 2 南海堤附近底床地形變化。

圖 7-7 為試驗 B - 2 (a) ~ (h) 南海堤附近主要點水深變化圖。

人工養灘試驗 B - 2 南海堤附近底床地形變化試驗結果顯示，圖 7 - 6 (a) 為佈置試驗 B - 2 初期地形，因本試驗在南海堤直立壁前緣加了護岸消波塊石，故地形等深線近南海堤附近有 +4m，及 +2m 等深線出現，累積造波 2 小時後，負 4m 以下等深線無明顯變化，惟負 4m 以上到南海堤間等深線因人工養灘投置沙源之故，坡度變緩，自南防波堤堤趾到第一折角間南海堤呈淤積狀；累積造波 4 小時後，因南海堤直立壁前緣所拋置之護岸消波塊石在該種波浪條件作用下無法被攜帶走故試驗結果顯示，該範圍地形等深線變化並不顯著；累積造波時間達 6 小時、8 小時後，試驗結果顯示，南防波堤堤趾處呈淤積狀

，而南海堤直立壁前緣亦大都在零水位線上，如圖 7-6(e) 所示證明該佈置試驗下可確保南海堤堤基安全。

佈置試驗 B - 2 南海堤附近主要點水深變化試驗結果如圖 7 - 7 (a) ~ (h) 所示，主要點 NO.1 圖形顯示水深由 +8.9m 經過 8 小時波浪作用後水深變成 +8.2m；主要點 NO.2 則由原先 +5.9m 高程之變成 +3.7m，其間高程變化互有消長；主要點 NO.3 水深高程變化則由 +6.3m 成為 +1.4m，地形變化激烈，顯示該區附近在試驗波浪作用下，有能量集中現象；主要點 NO.4 水深高程變化則在 +7.0m 與 +5.0m 間有週期性增減；而主要水深點 NO.5 ~ NO.8 愈靠近大肚溪側其高程根據試驗結果顯示，平均減少了約 3~4m 惟試驗最終結果顯示；主要點水深高程均在平均零水位線上，證明該佈置試驗 B - 2 在此試驗波浪作用情況下，當可確保南海堤堤基之安全。照片 4 為佈置試驗 B -2 累積造波時間 8 小時後之地形變化。

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

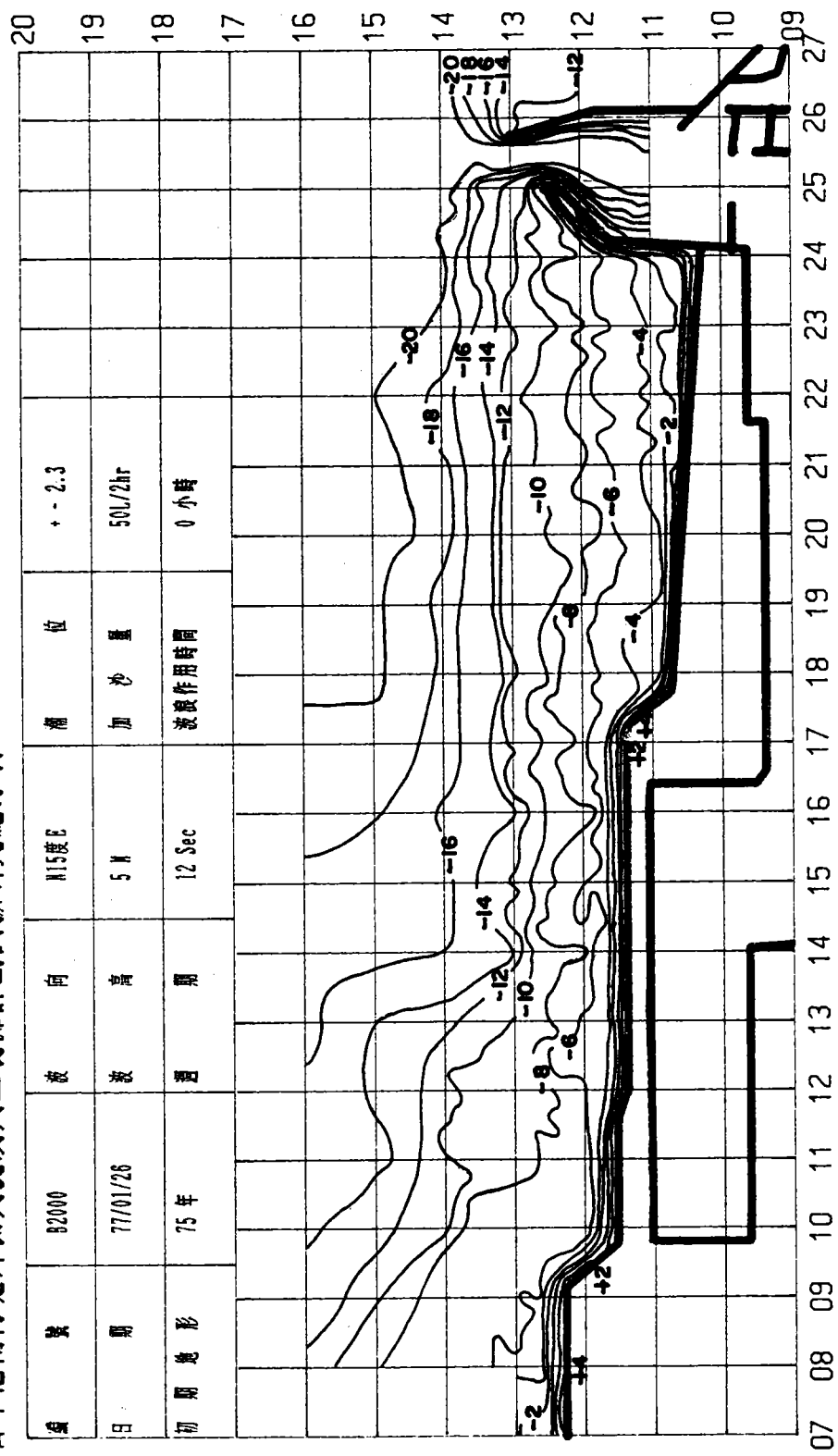


圖 7 - 6 (a) 佈置試驗 B-2 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

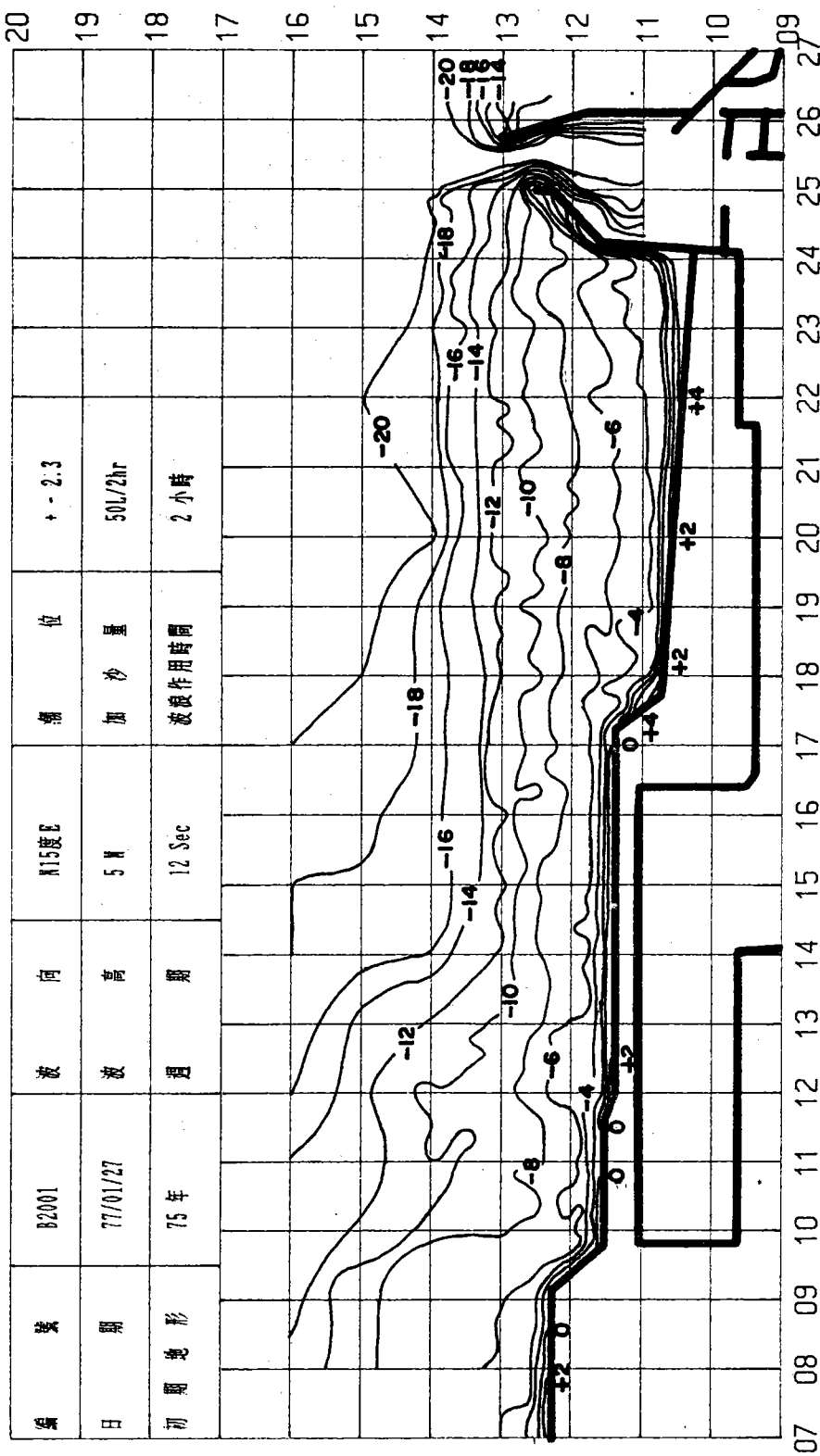


圖 7 - 6 (b) 佈置試驗 B-2 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

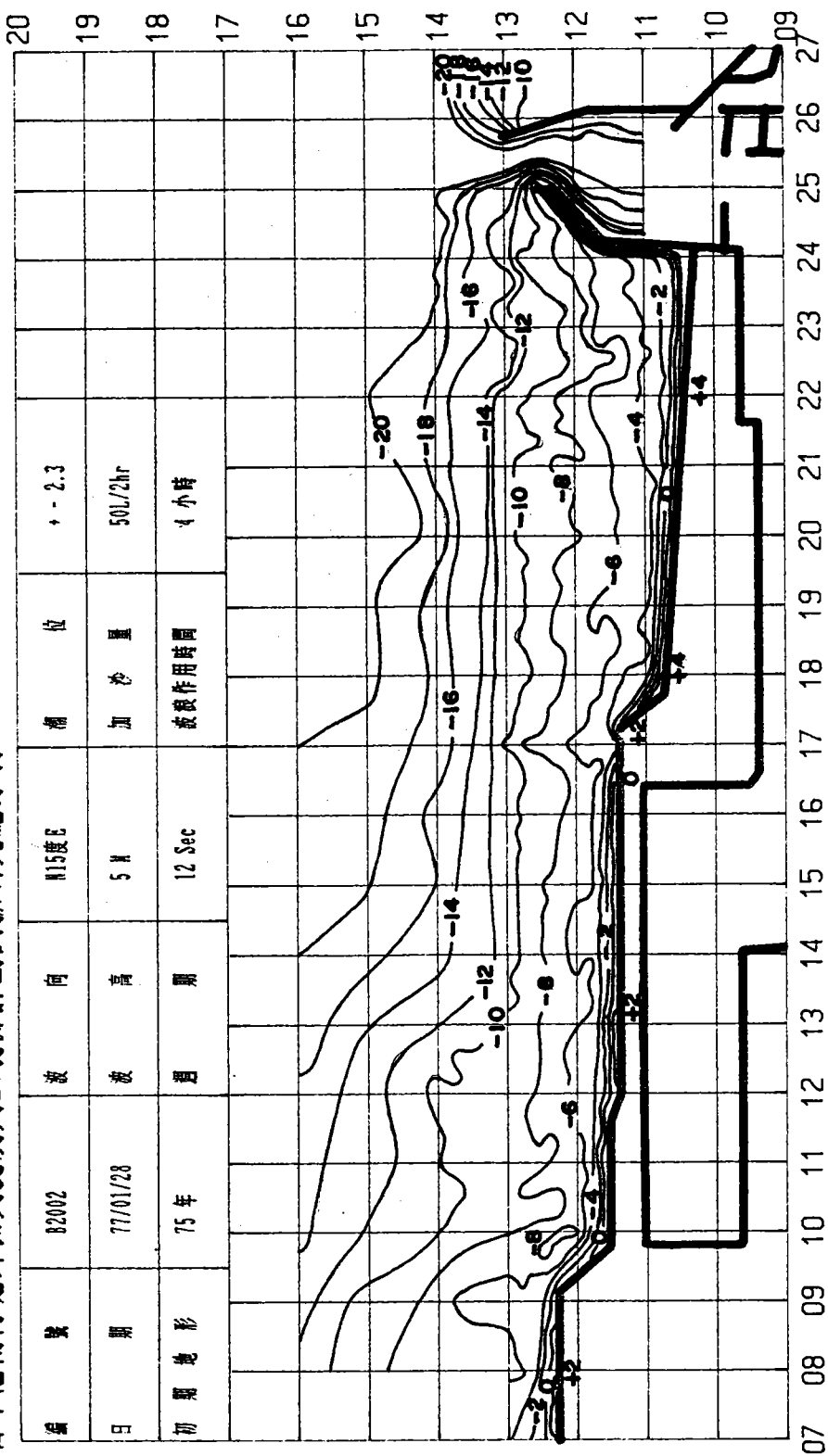


圖 7 - 6 (c) 佈置試驗 B-2 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

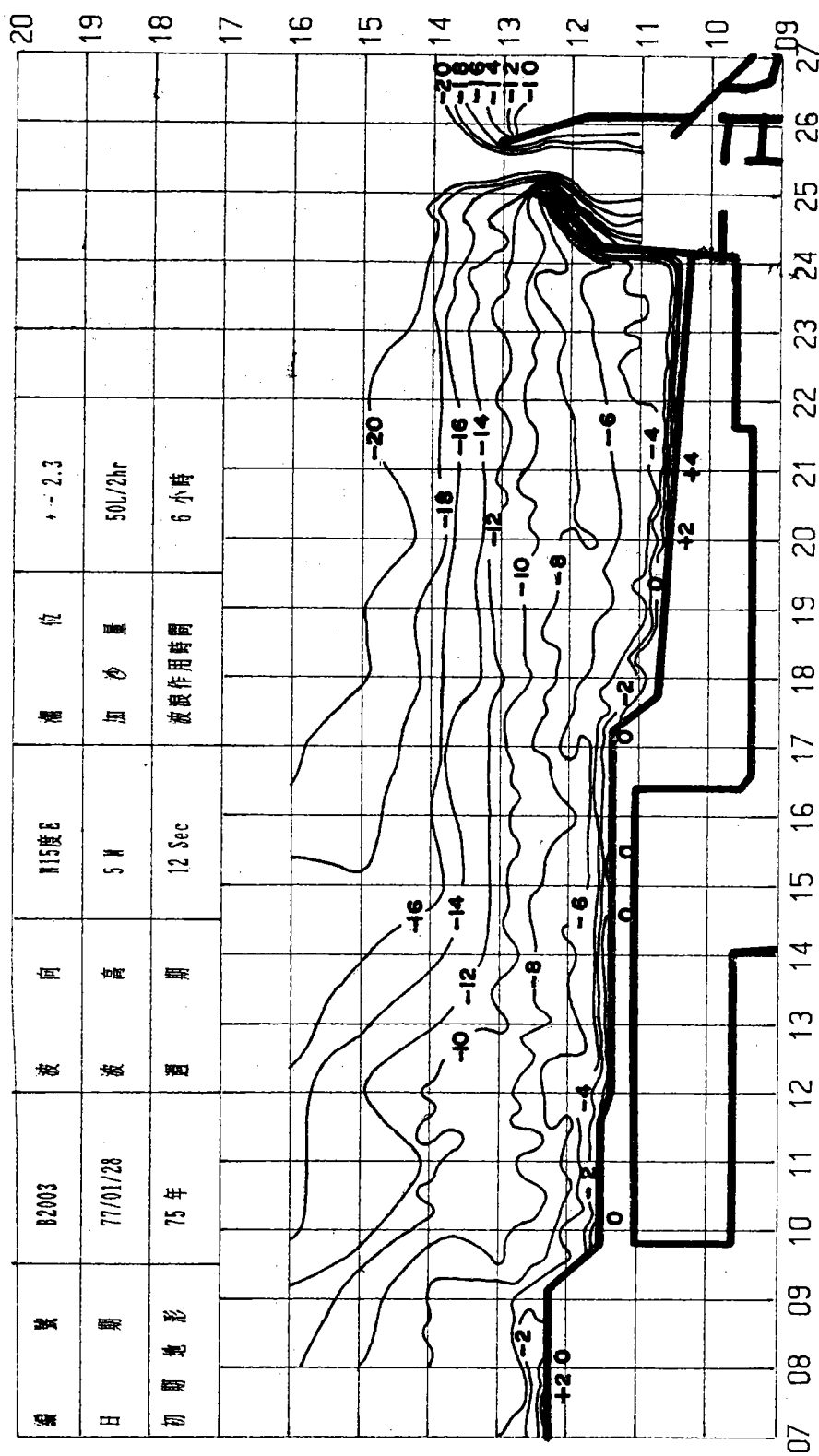


圖 7 - 6 (d) 佈置試驗 B-2 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

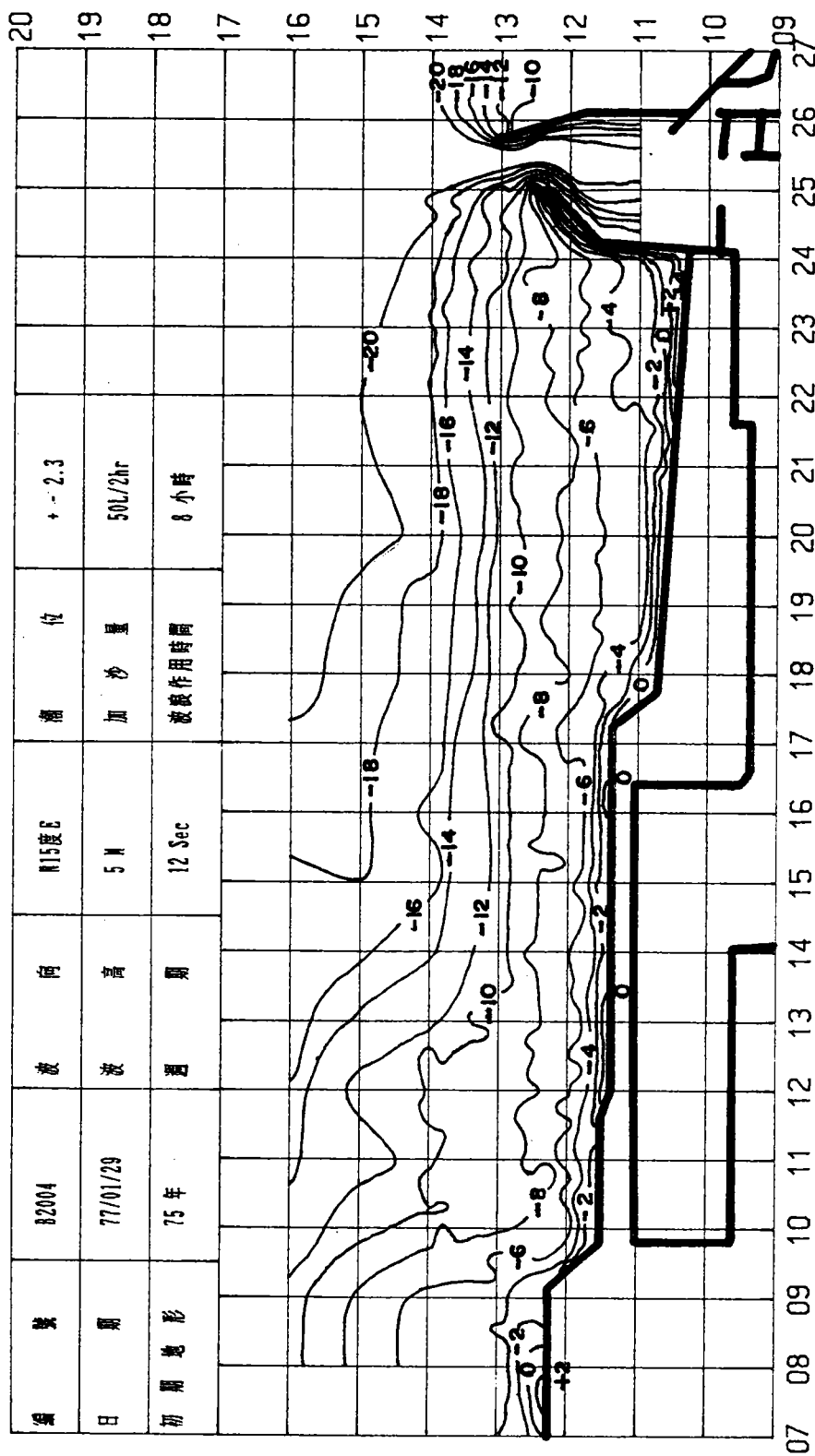


圖 7 - 6 (e) 佈置試驗 B-2 南海堤附近底床地形變化圖

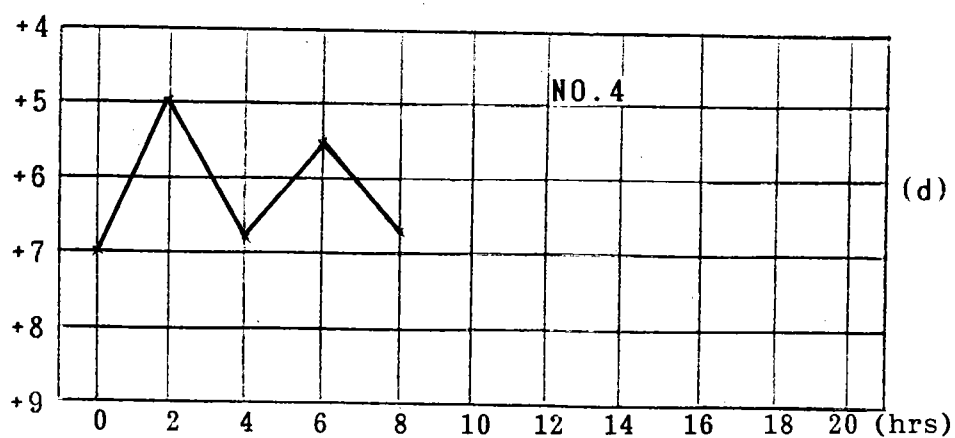
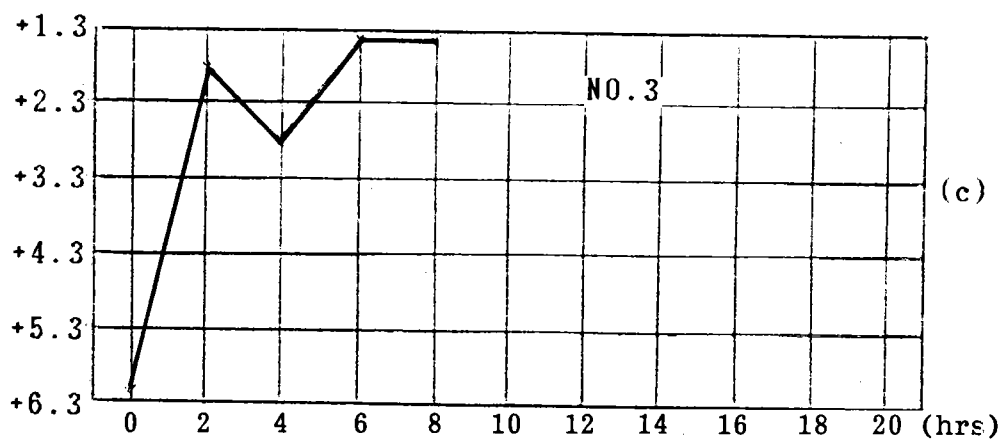
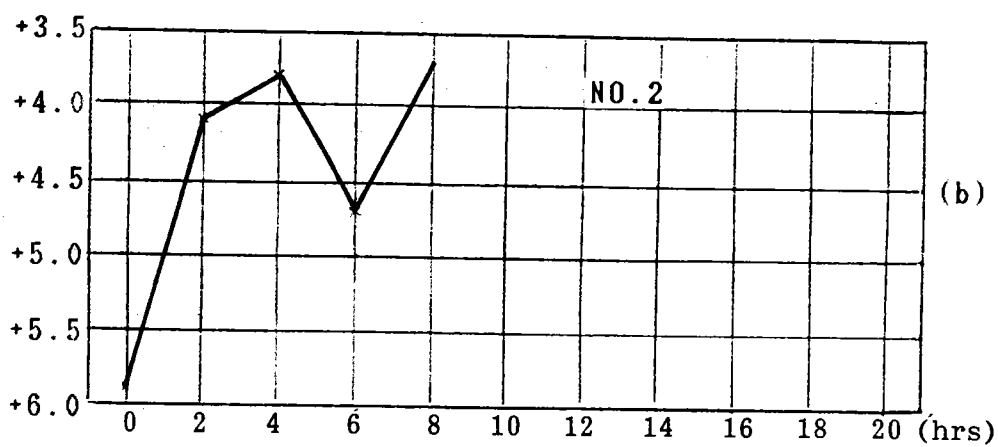
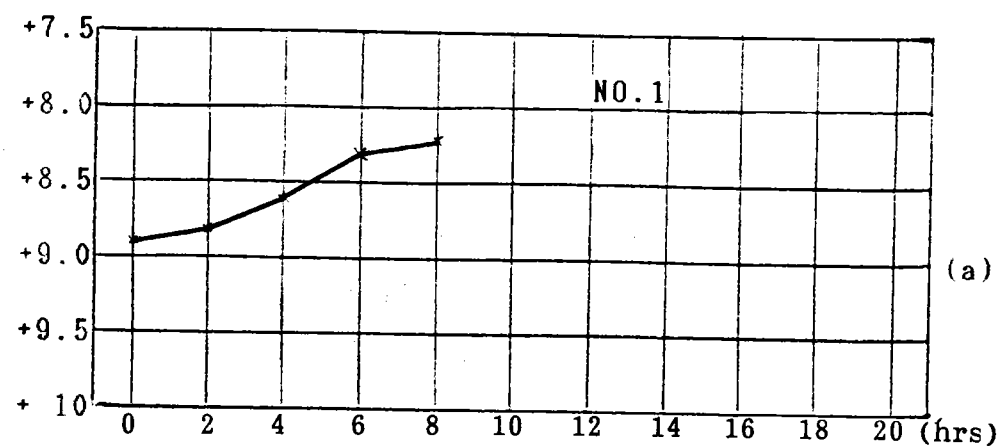


圖 7 - 7 佈置試驗 B-2 南海堤附近主要點水深變化圖

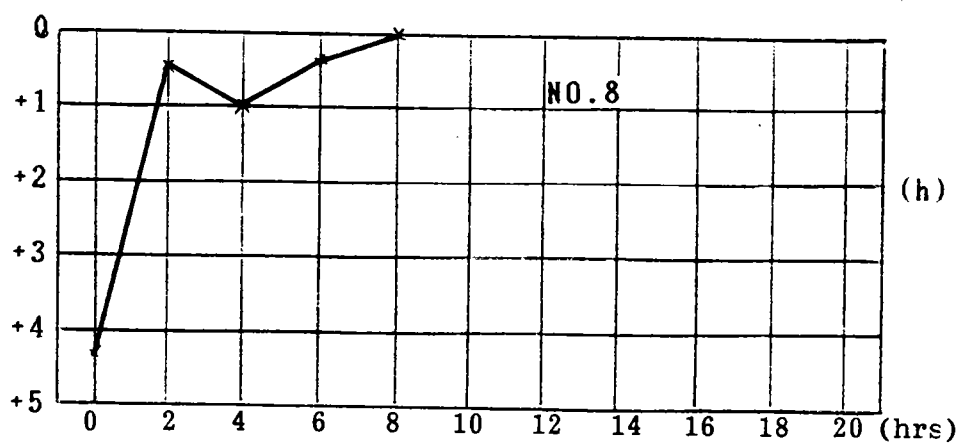
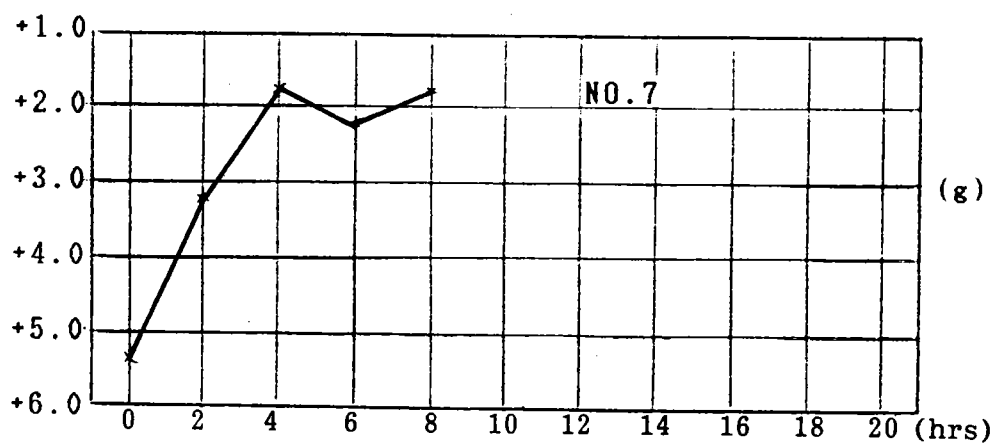
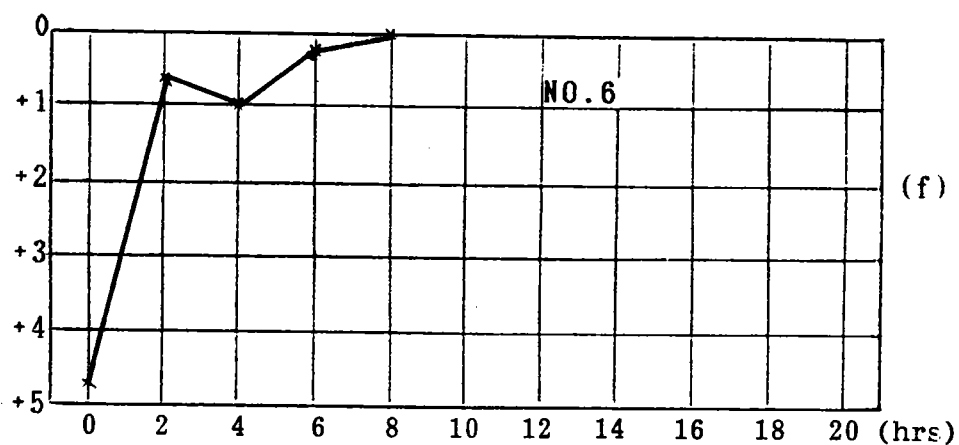
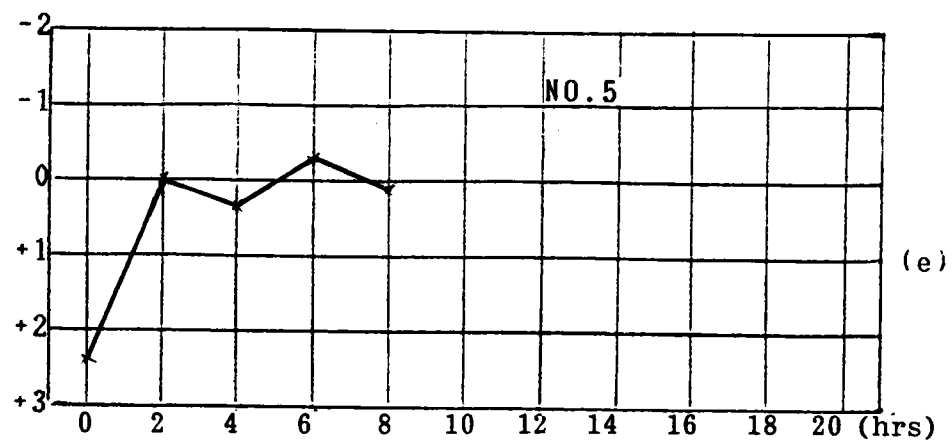
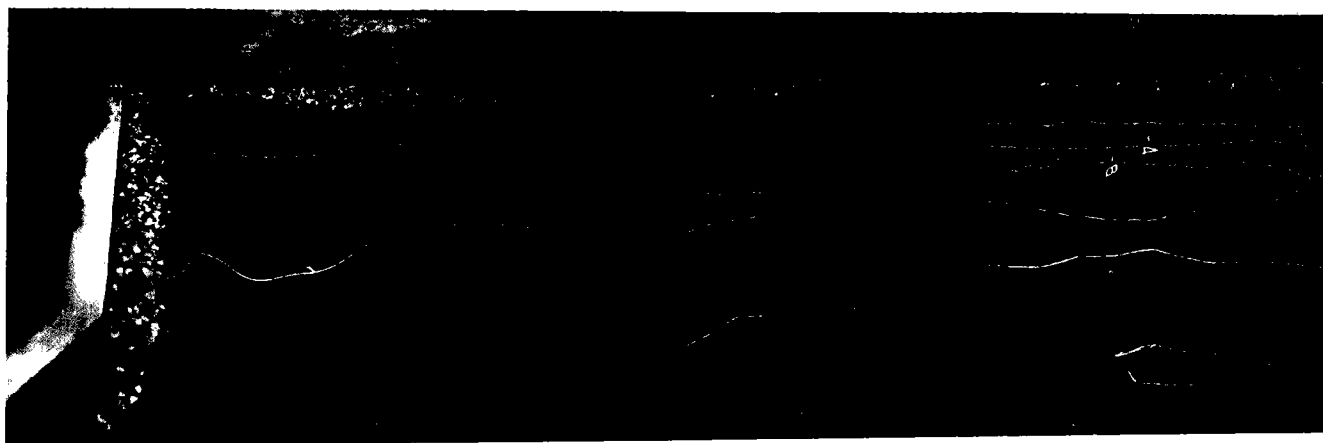
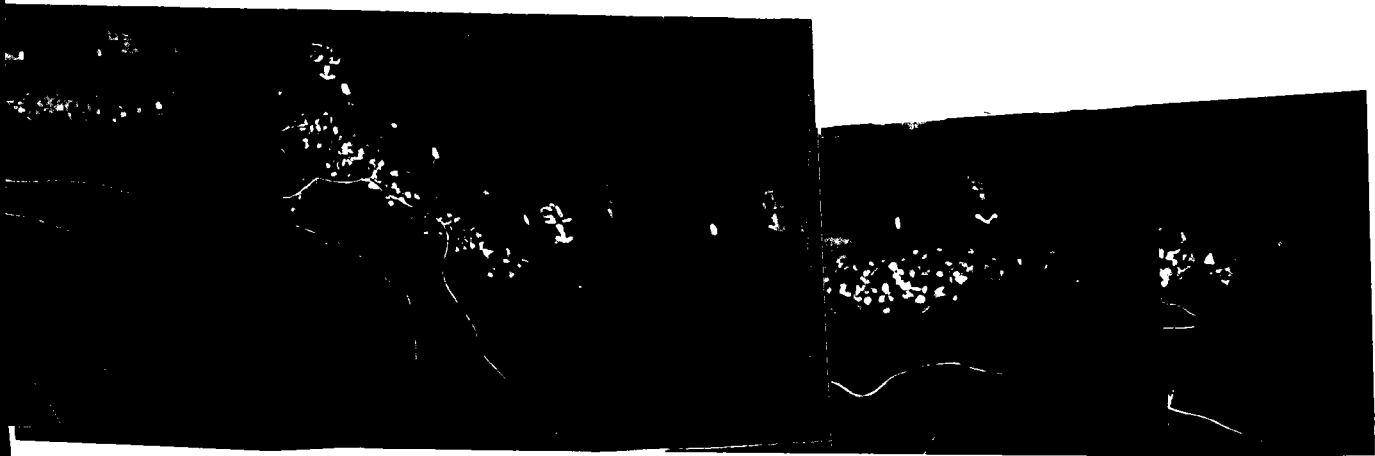
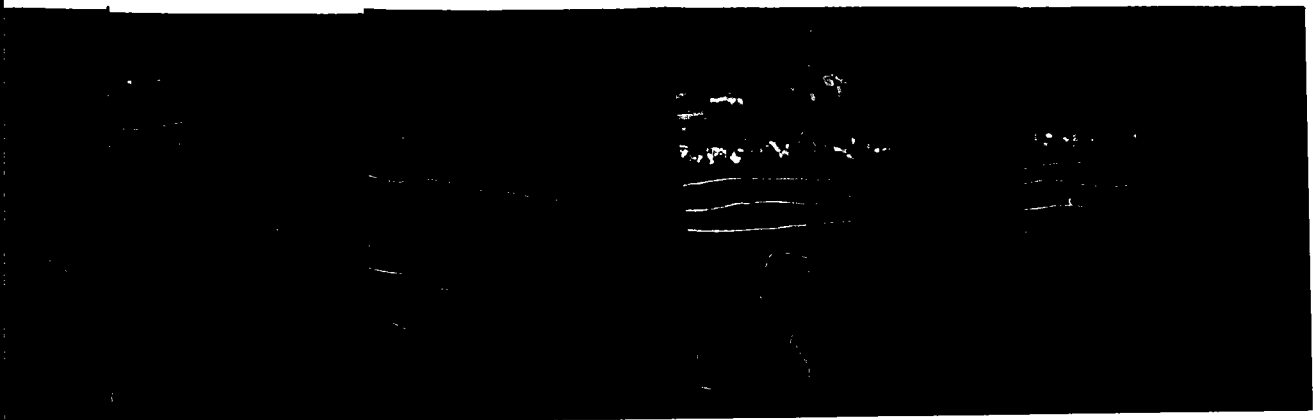


圖 7 - 7 (續) 佈置試驗 B-2 南海堤附近主要點水深變化圖



照片 4 佈置試驗 B-2 累積



波 8 小時後地形變化

〈三〉 防沙突堤佈置試驗 C

防止海岸侵蝕對策除人工養灘方法外，尚可構築防沙堤，按防沙堤為突出海岸之海岸保護工程，用以捕捉漂沙，減少海岸侵蝕，保護或促成海灘之成長安定海岸線之一種細長結構物，故又稱突堤。該佈置根據試驗結果加以修正，共計進行三種不同試驗情況茲分別如下述：

(1) 試驗 C - 1

本試驗係根據台中港務局所提佈置，突堤方向採垂直於南海堤方向，突堤長度為 100m，突堤間距為 300m，並於南海堤岸邊加消波護塊石；累積造波時間達 8 小時，並分別於累積造波時間 0 小時、2 小時、4 小時、6 小時及 8 小時後分別量測南防波堤以南全區地形高程變化。

圖 7-8 (a) ~ (e) 為試驗 C - 1，南海堤附近底床地形變化圖。

圖 7 - 9 為試驗 C - 1 南海堤附近主要點水深變化圖。

根據台中港務局所提防沙堤佈置試驗 C - 1 結果顯示，累積造波 2 小時後，負 6m 以下等深線變化並不顯著，而負 4m 等深線有往海側外移趨勢如圖 7-8 (b) 所示，且南海堤外側地形坡度變緩，此乃因所加消波護面塊石，經波浪作用被攤平之故；累積造波時間達 4 小時後，由於波浪條件不足以攜帶走南海堤岸邊消波護面塊石，致南海堤岸邊附近地形並無明顯變化；累積造波時間達 6 小時後，靠近南防波堤附近地形，坡度逐漸趨緩，負 4m 等深線往海側外移，距南防波堤 1500m ~ 2000m 南海堤

處地形向外突出有淤積趨勢，惟南海堤自第一折角處往南方向，則因無沙源繼續補充有逐漸侵蝕跡象如圖 7-8 (d) 所示；累積造波達 8 小時自南防波堤到南海堤第一折角處，因在沒有沙源補充條件下，南海堤外側負 4m 等深線有向岸側內移趨勢坡度變陡且自南海堤第一折角往南，試驗結果均呈侵蝕狀如圖 7-8(e) 所示。

圖 7 - 9 為佈置試驗 C - 1 南海堤附近主要點水深歷時變化，主要水深點 NO.1 在南防波堤堤趾與南海堤交接處，試驗結果顯示該點先行侵蝕再淤積惟變化不大如圖 7-9(a) 所示；主要水深點 NO.2 距南防波堤堤趾約 1000m 處，試驗結果顯示該點水深隨著時間歷時之延長逐漸侵蝕，幅度達 3m 左右如圖 7-9(b) 所示；主要水深點 No.3 距離南防波堤堤趾約 2000m 左右，試驗結果顯示，該點水深亦隨著時間之歷時增加，侵蝕逐漸加深，幅度達 4m 左右如圖 7-9(c) 所示；主要水深點 NO.4 恰好在南海堤第一折角起點處距南防波堤堤趾約有 3000m 左右，試驗結果顯示，該點水位變化與時間互有消長之關係，其時間間距為 2 小時如圖 7-9(d) 所示；主要水深點 NO.5 距南防波堤堤趾約 4000m 左右試驗結果顯示該點水深隨著累積造波時間歷時延長而逐漸刷深幅度在 3m 左右，如圖 7-9(e) 所示；主要水深點 NO.6 則在累積造波時間達 4 小時以後水深變化趨於穩定如圖 7-9(f) 所示；而主要水深點 NO.7 其水深變化與 NO.4 趨勢相同與時間之延時互有消長變化如圖 7-9(g) 所示；主要水深點 NO.9 則在造波歷時 2 小時後水深變化趨於穩定如圖 7-9 (h) 所示；

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計畫試驗研究紀錄表

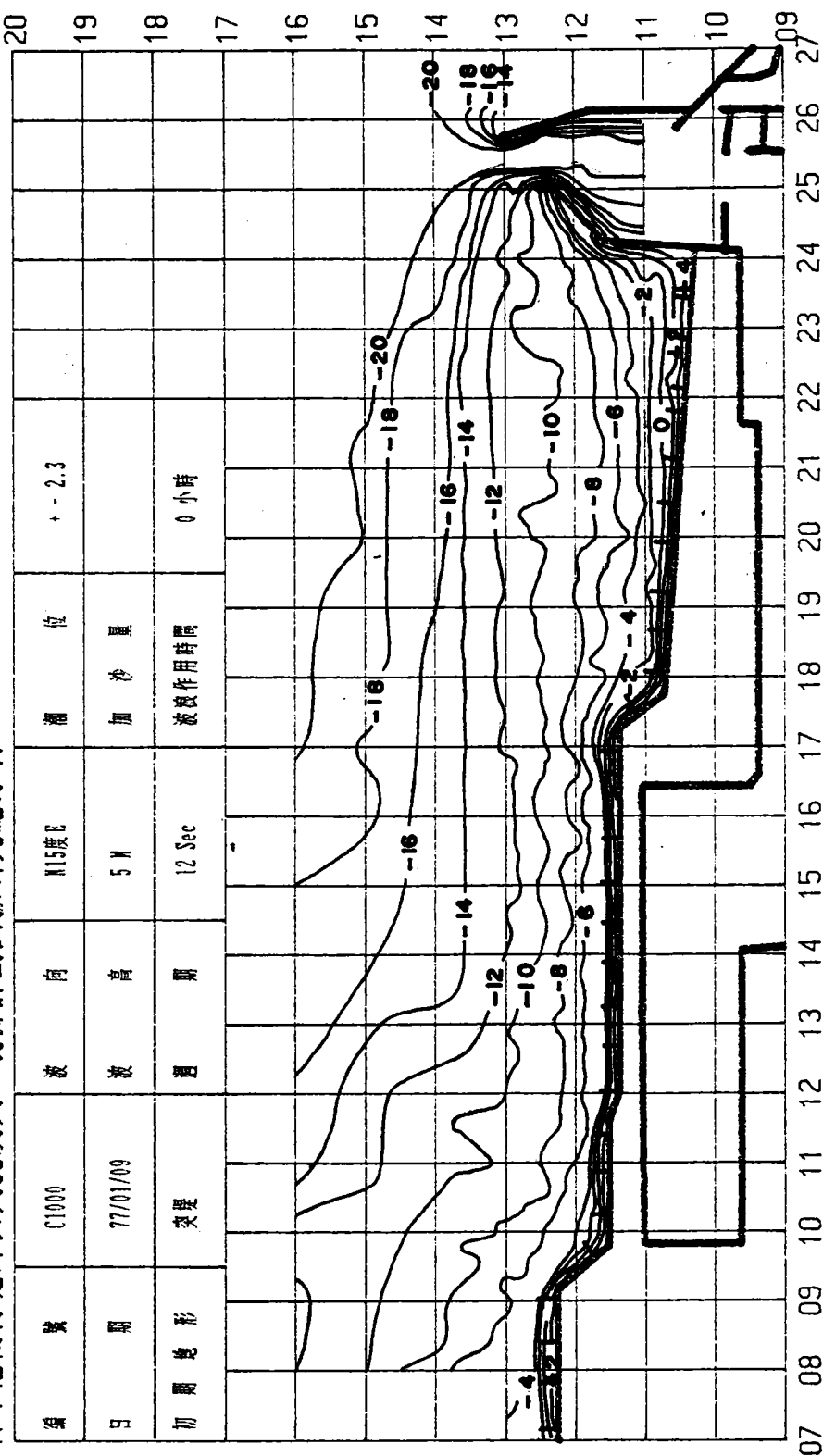


圖 7 - 8 (a) 佈置試驗 C-1 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

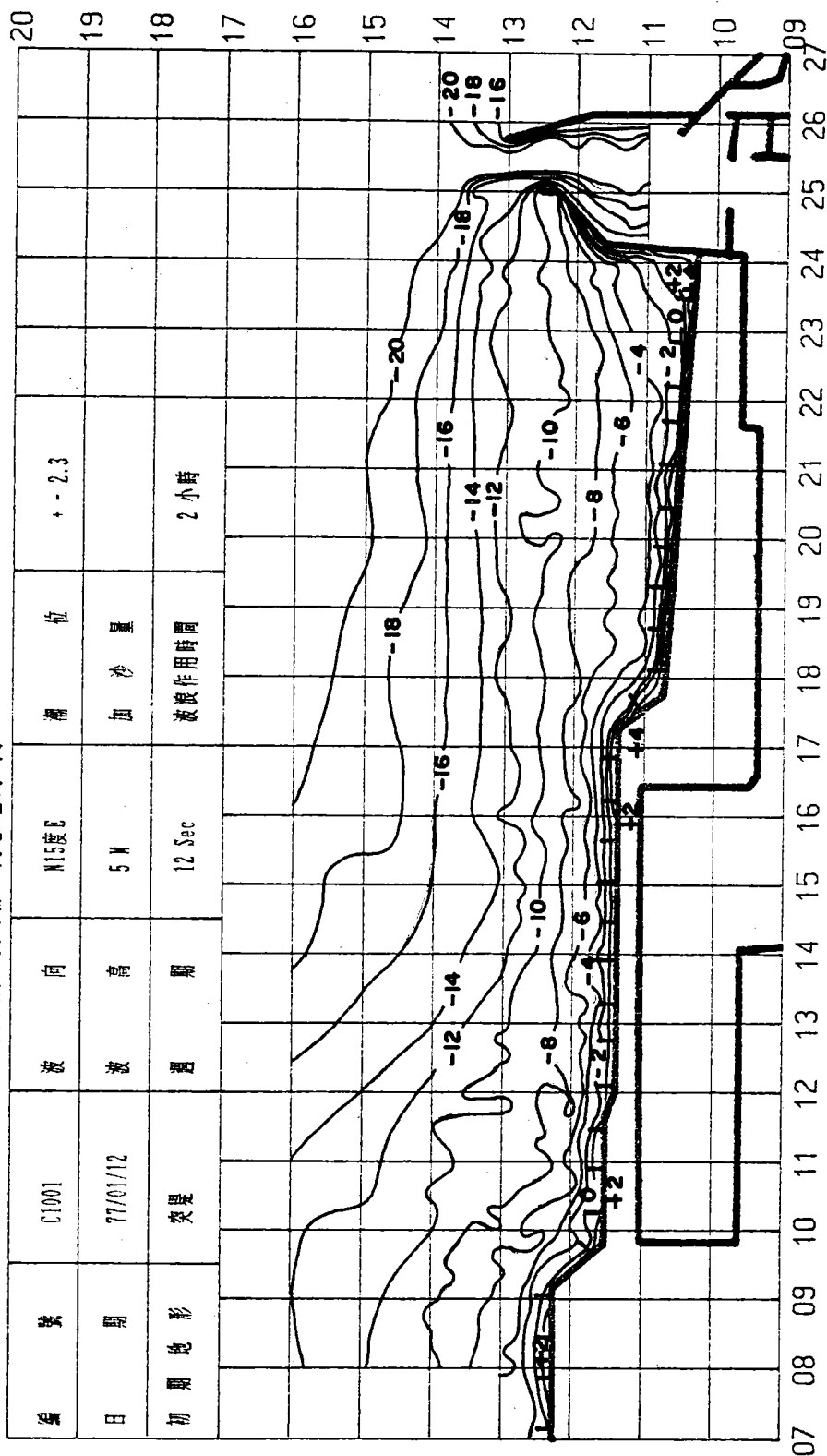


圖 7 - 8 (b) 佈置試驗 C-1 南海堤附近底地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

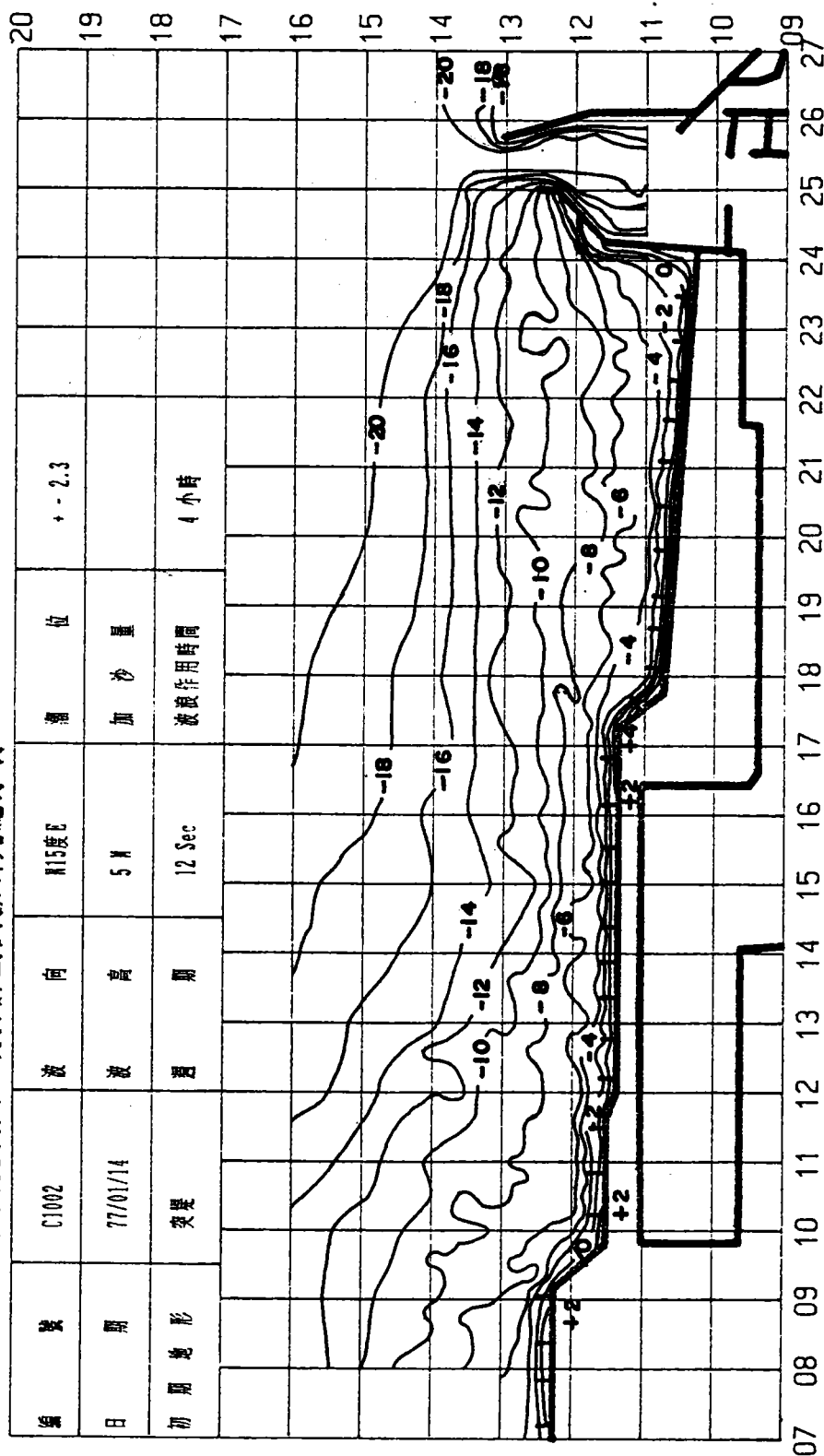


圖 7 - 8 (c) 佈置試驗 C-1 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

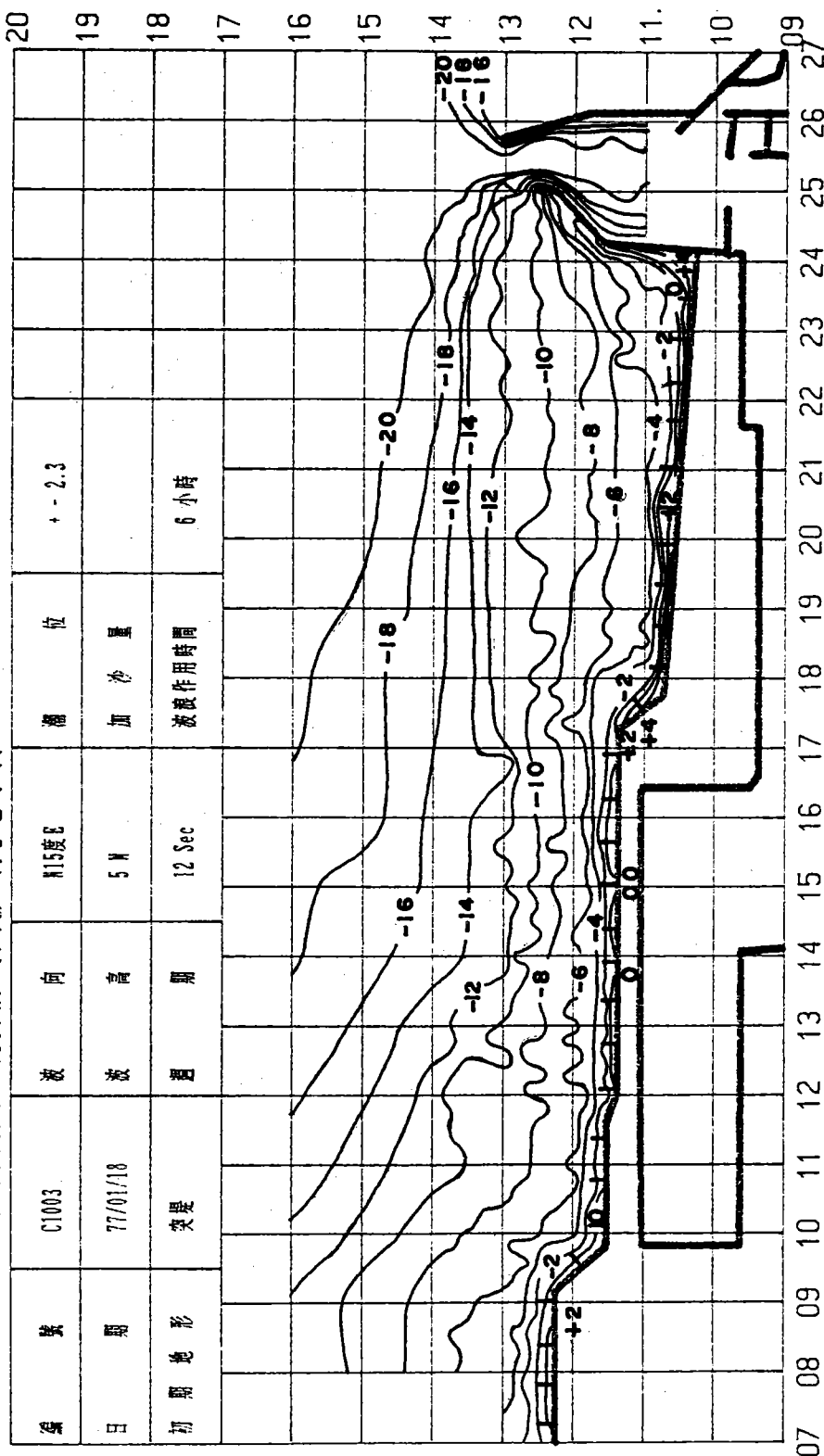


圖 7-8 (d) 佈置試驗 C-1 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

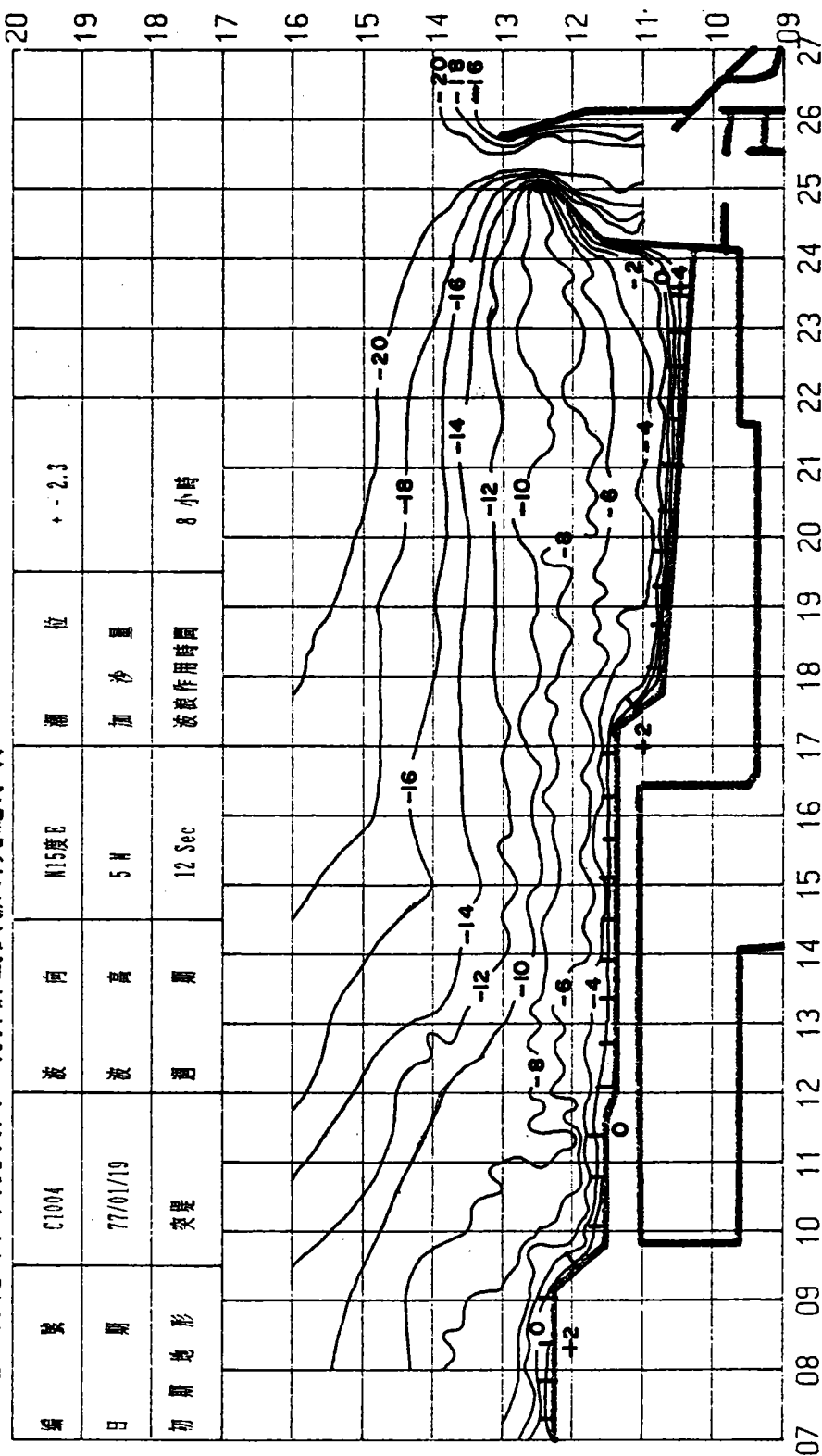


圖 7 - 8 (e) 佈置試驗 C-1 南海堤附近底床地形變化圖

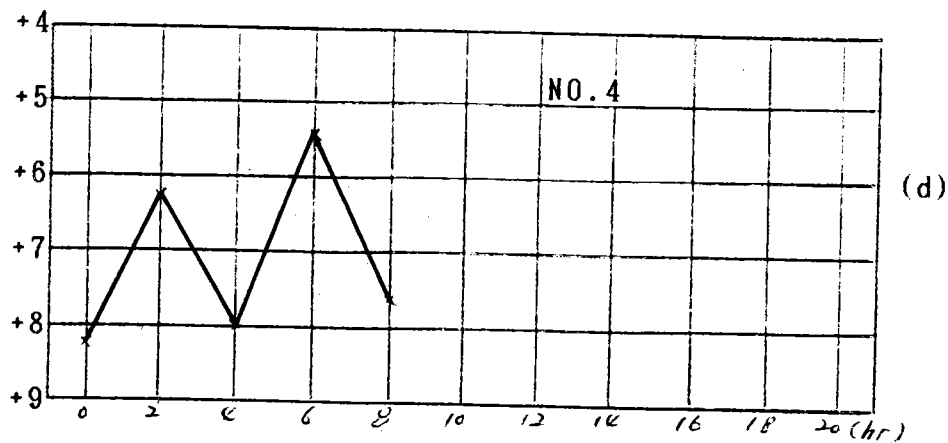
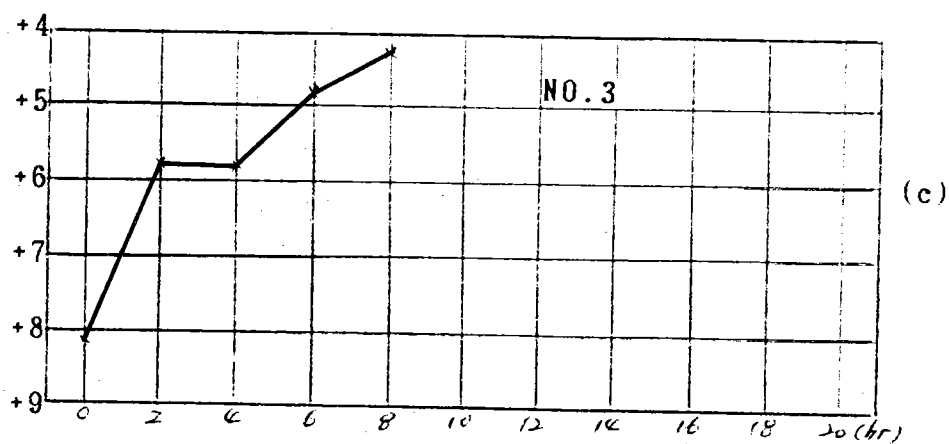
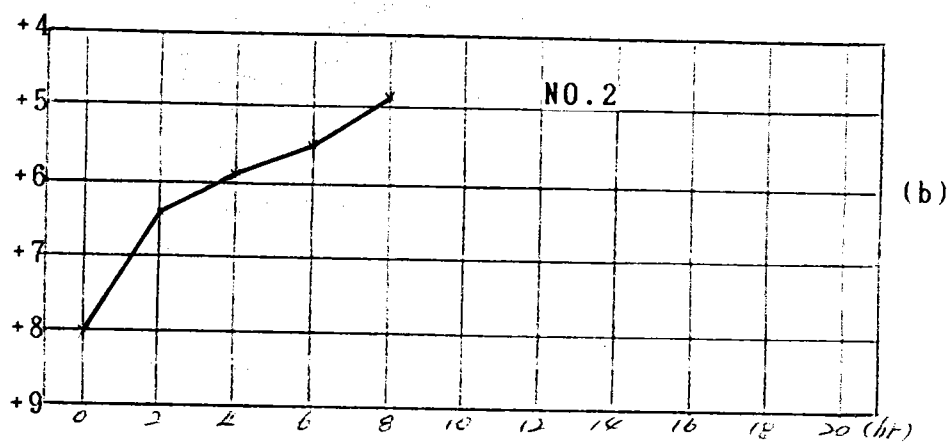
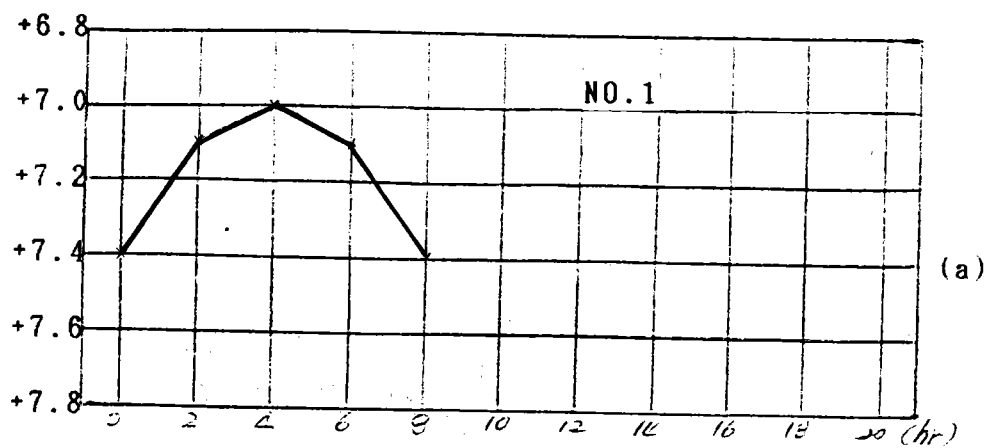


圖 7 - 9 佈置試驗 C-1 南海堤附近主要點水深變化圖

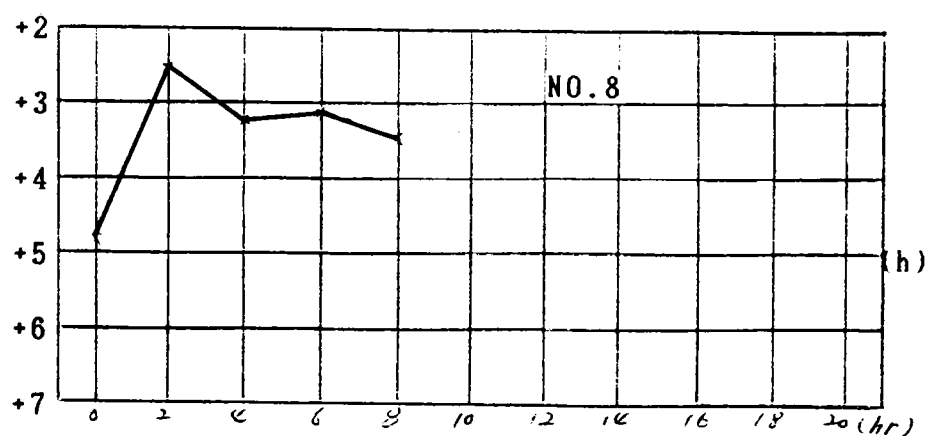
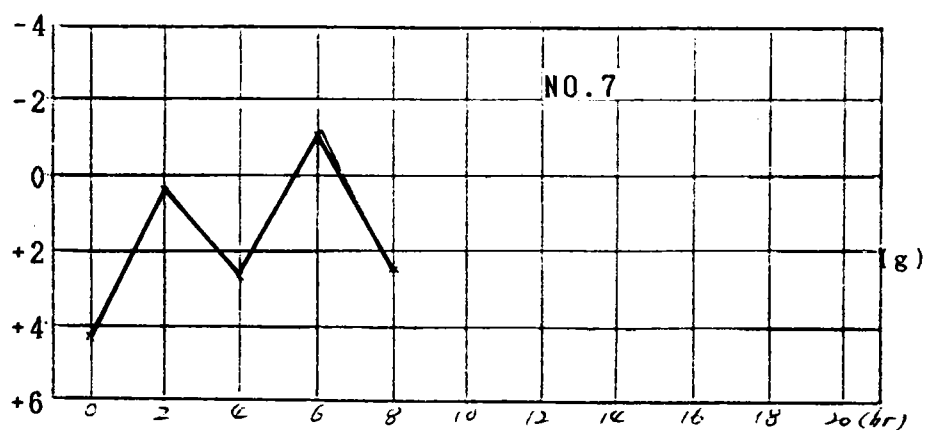
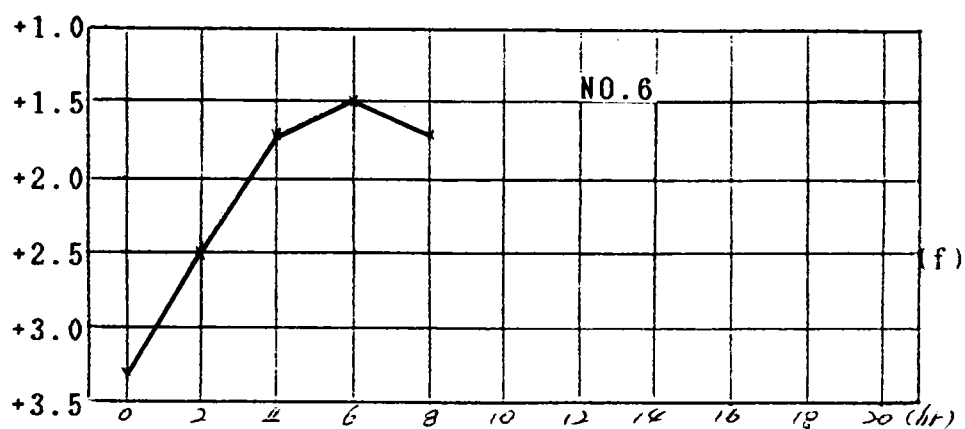
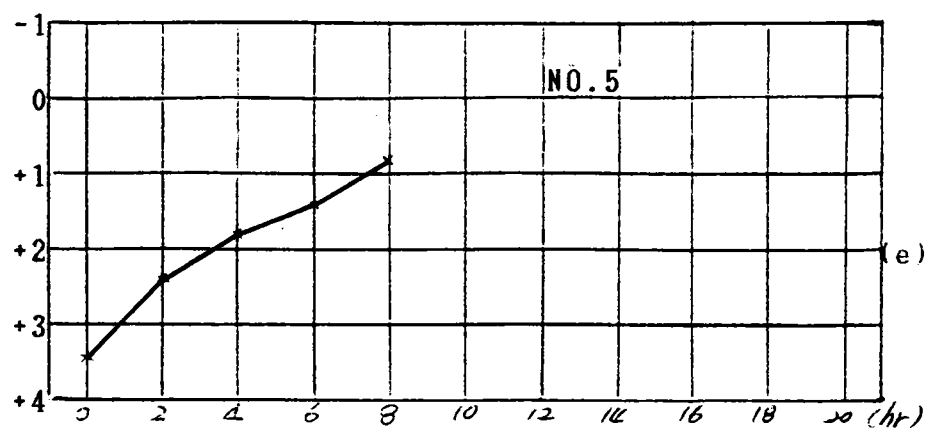
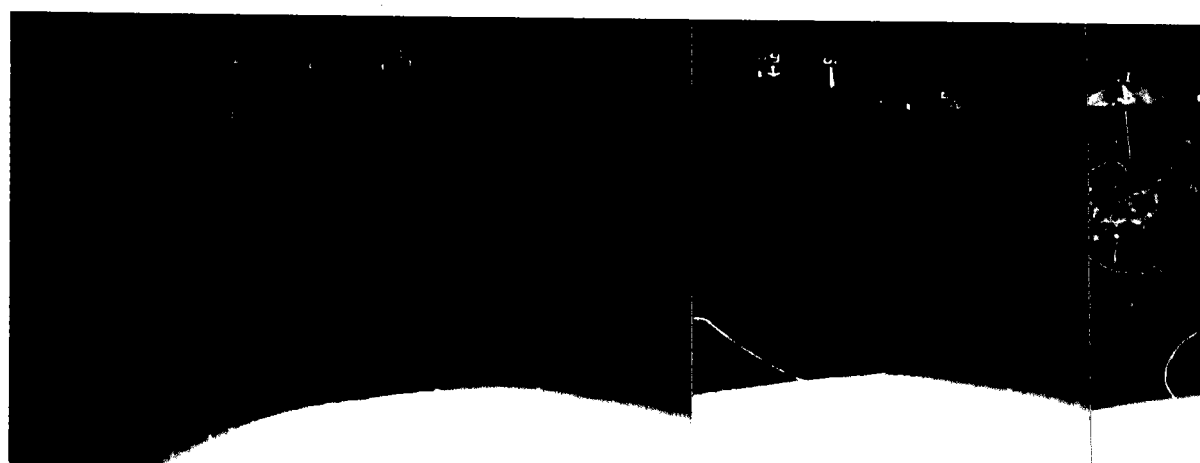
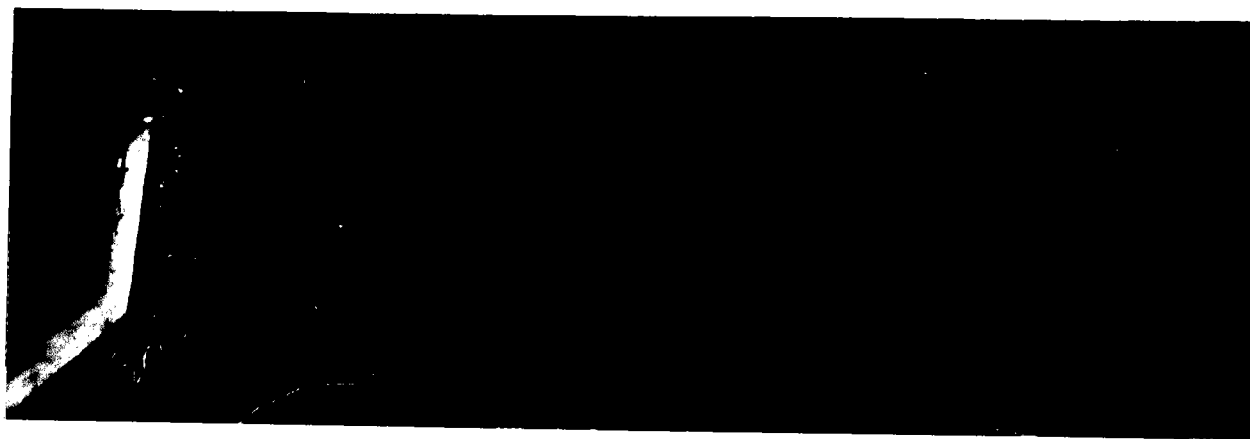
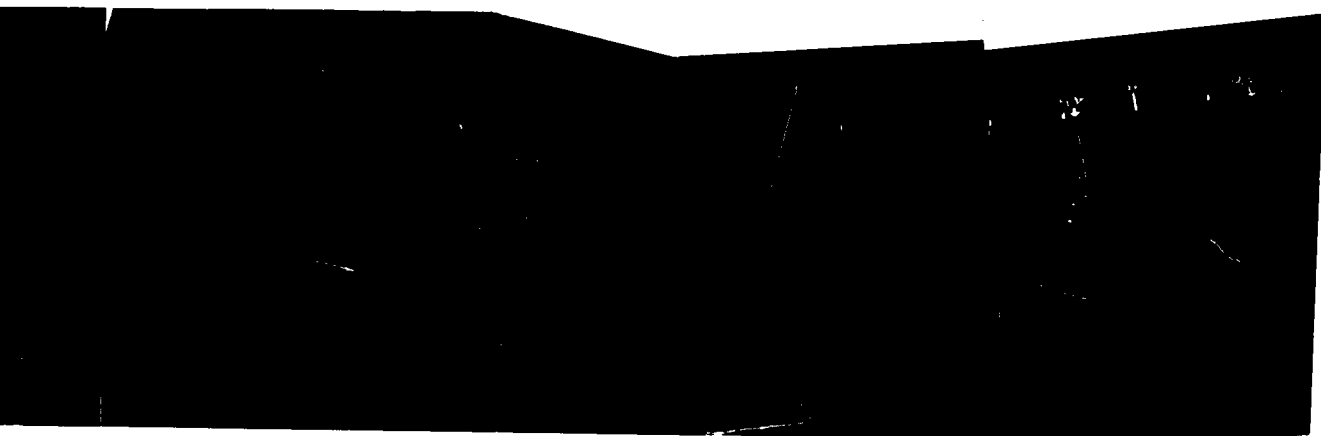


圖 7 - 9 (續) 佈置試驗 C-1 南海堤附近主要點水深變化圖



照片 5 佈置試驗 C-1 累



黃造波 8 小時後地形變化

綜合整個南海堤附近主要水深變化試驗結果顯示，南海堤構築了突堤以後因突堤長度不夠致有些消波塊石被波浪帶出離岸堤外如照片 5 所示，故佈置試驗 C-2 乃將突堤長度延長為 120m，間距仍維持 300m，並於南海堤岸邊加置消波護面塊石再進行試驗。

(2) 試驗 C-2

試驗結果顯示，台中港務局所提防沙突堤佈置試驗 C-1，因突堤長度不夠，致部份消波護塊石受波浪作用被帶離突堤外，故本試驗將突堤長度延伸為 120m，間距維持 300m，並於南海堤岸側同樣加置消波護塊石，以進行試驗，累積造波時間仍維持 8 小時，各累積造波時段同樣在時間 0 小時、2 小時、4 小時、6 小時、8 小時後分別量測南防波堤以南地形高程變化。

圖 7-10 (a) ~ (e) 為試驗 C-2 南海堤附近底床變化圖。

圖 7-11 為試驗 C-2 南海堤附近主要點水深變化圖。

突堤長度延長後，佈置試驗 C-2 結果顯示，當累積造波時間達 2 小時後，負 8m 以下等深線均有往海側移動趨勢，愈近大肚溪口處現象較明顯，而負 6m 深線除靠近南防波堤堤趾處有向海側外移現象坡度變緩外，其餘南海堤附近水域地形並無顯著變化，惟南海堤第三折角處有侵蝕跡象如圖 7-10 (b) 所示；累積造波 4 小時後等深線負 6m 以下試驗結果顯示並無顯著變化惟南海堤第一折角到第三折角間海堤有部份發生侵蝕現象，尤其是第三折角處附近水域地形如圖 7-10 (c) 所示；當累積造波時間達

6 小時後，整個南海堤附近水域均呈侵蝕現象地形變化劇烈如圖 7-10(d) 所示；當累積造波時間達 8 小時後南海堤附近水域地形又趨於穩定，除第三折角處仍為侵蝕外其餘則有淤積現象並發揮安定堤基效益如圖 7-10(e) 所示。

圖 7 - 11 為試驗 C - 2，南海堤附近主要點水深變化試驗結果，主要水深點除 NO.2、NO.4、NO.8 先行淤積外，其餘各點均發生侵蝕，惟試驗結果顯示此乃初期現象當累積造波時間達 4 小時後，靠近南海堤岸側地形水深變化則趨於穩定，除 NO.6、NO.7 主要水深點外，其餘各主要點水深均在零水位線以上。

照片 6 為累積造波時間達 8 小時後之地形變化，照片中顯示當突岸堤長度延伸為 120m 後已可確保將消波塊石安定於突堤間距內以確保堤基安全。

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

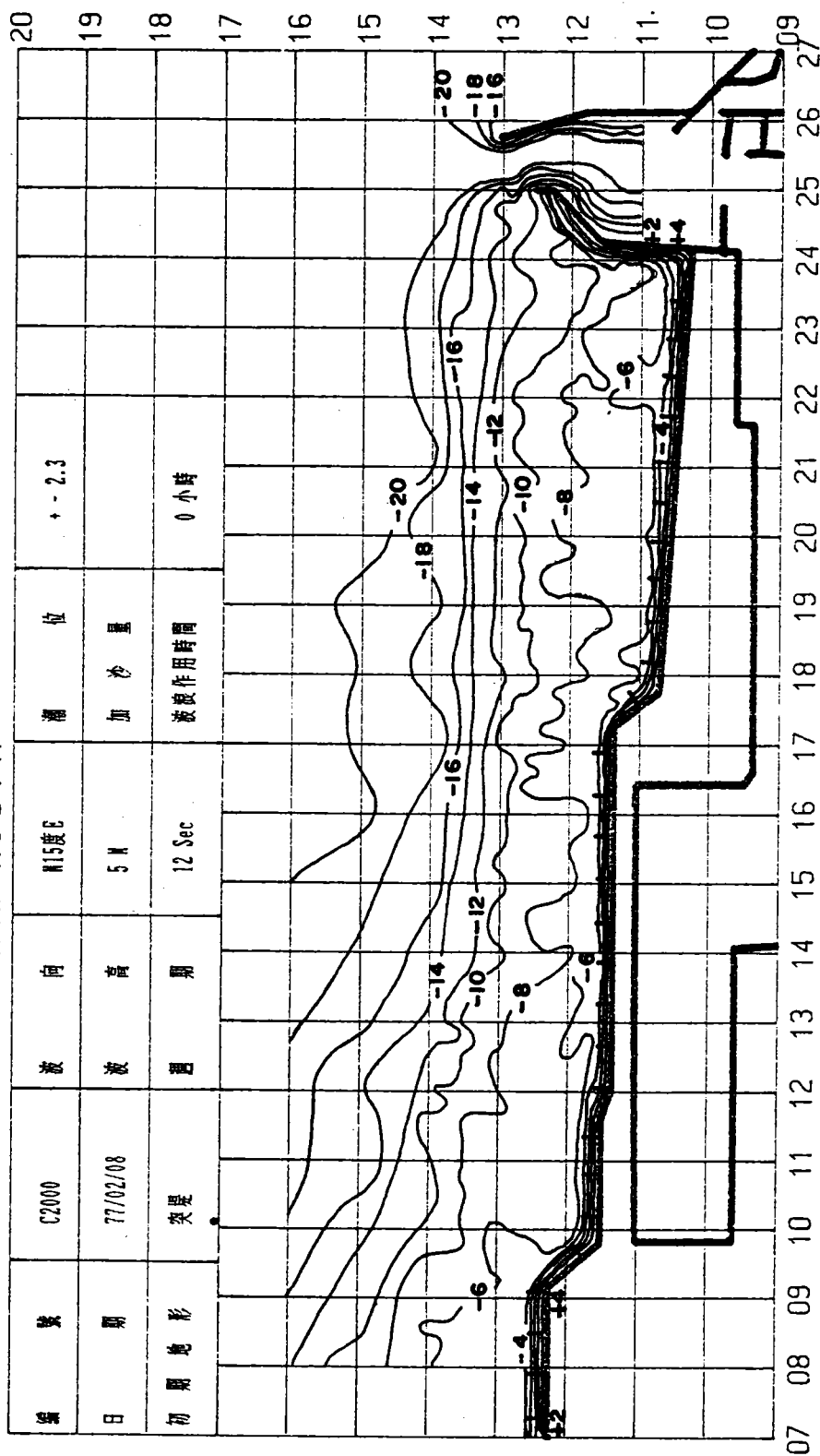


圖 7 - 10 (a) 佈置試驗 C-2 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

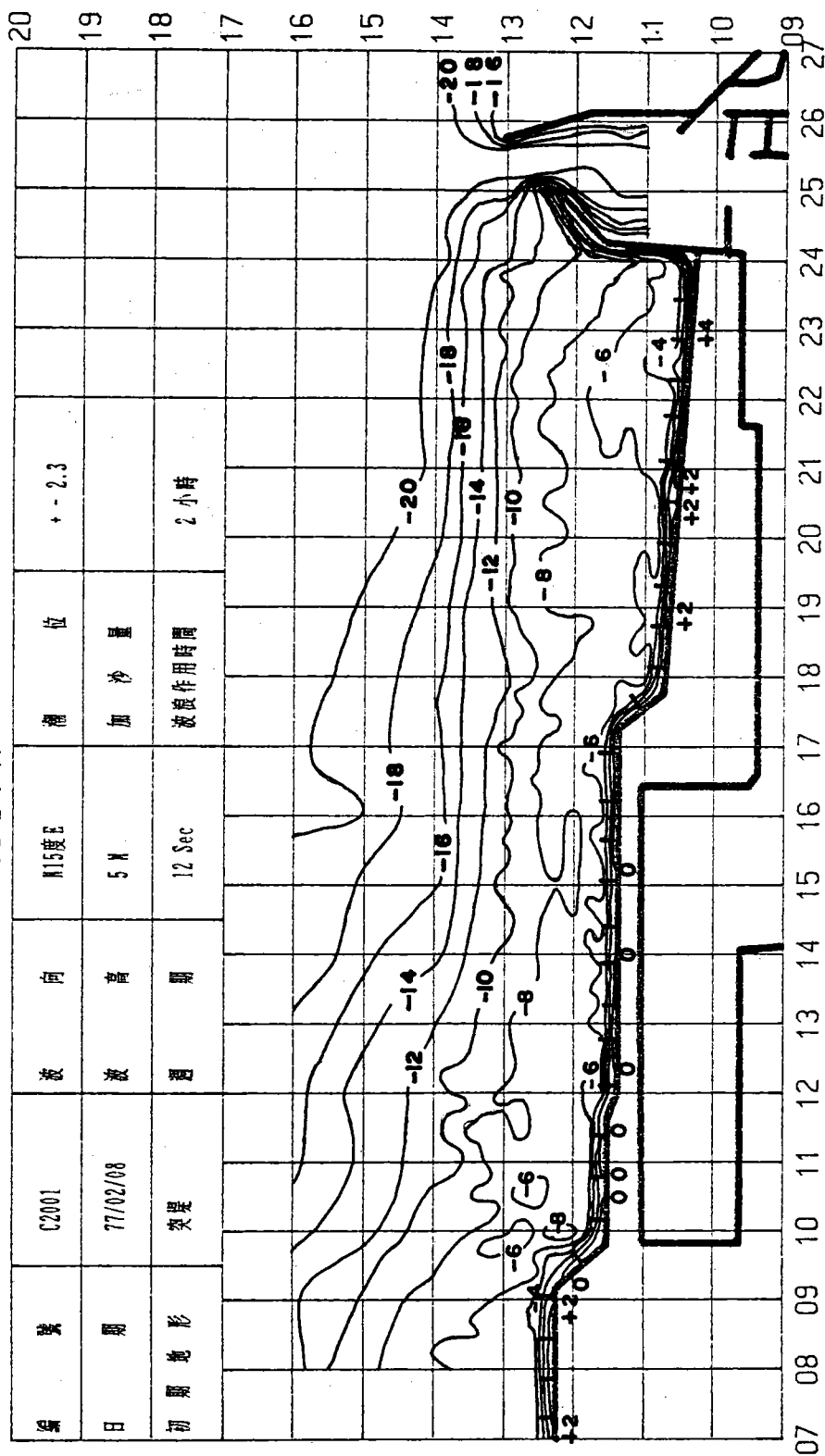


圖 7 - 10 (b) 佈置試驗 C-2 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

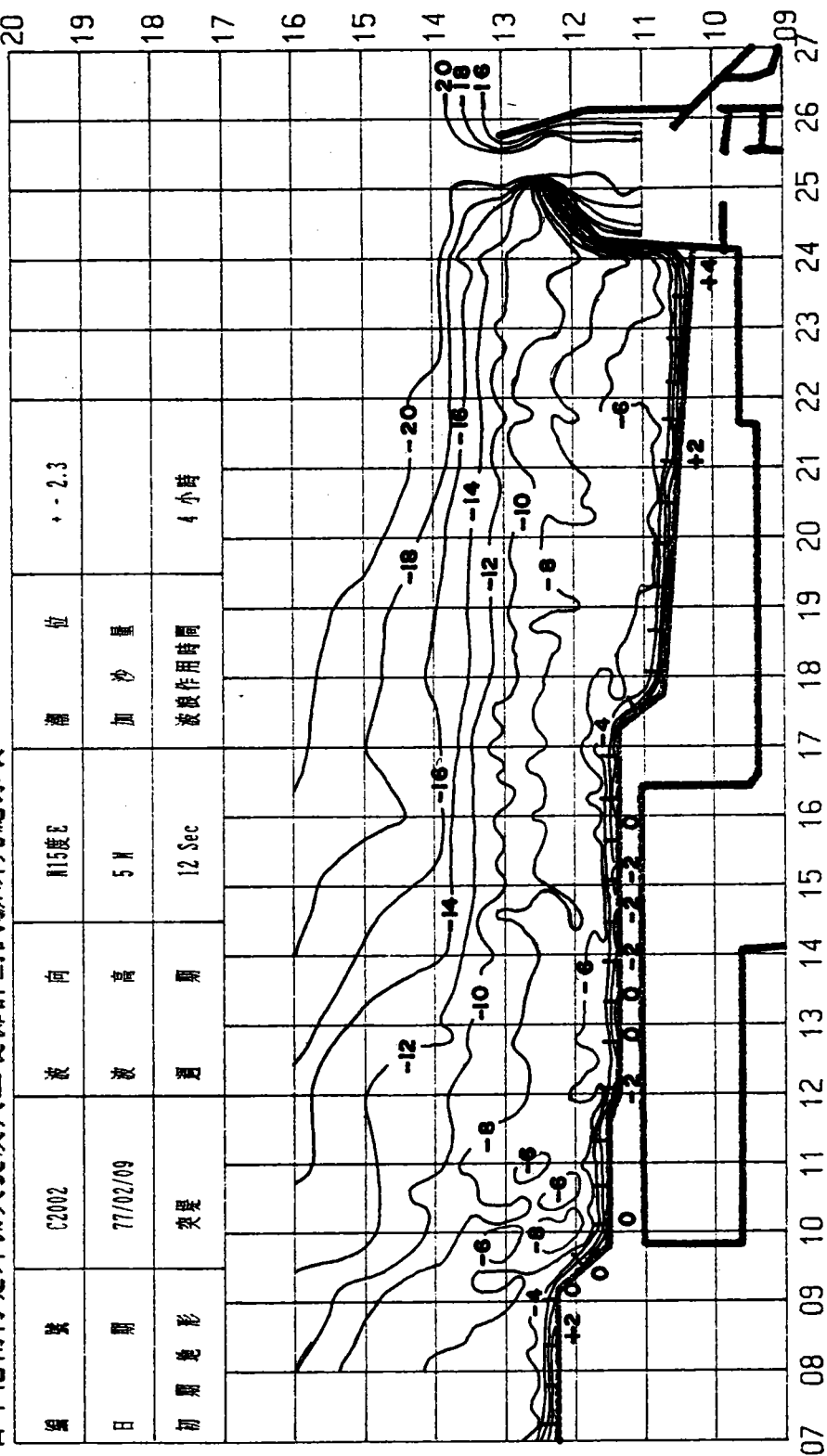


圖 7 - 10 (c) 佈置試驗 C-2 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

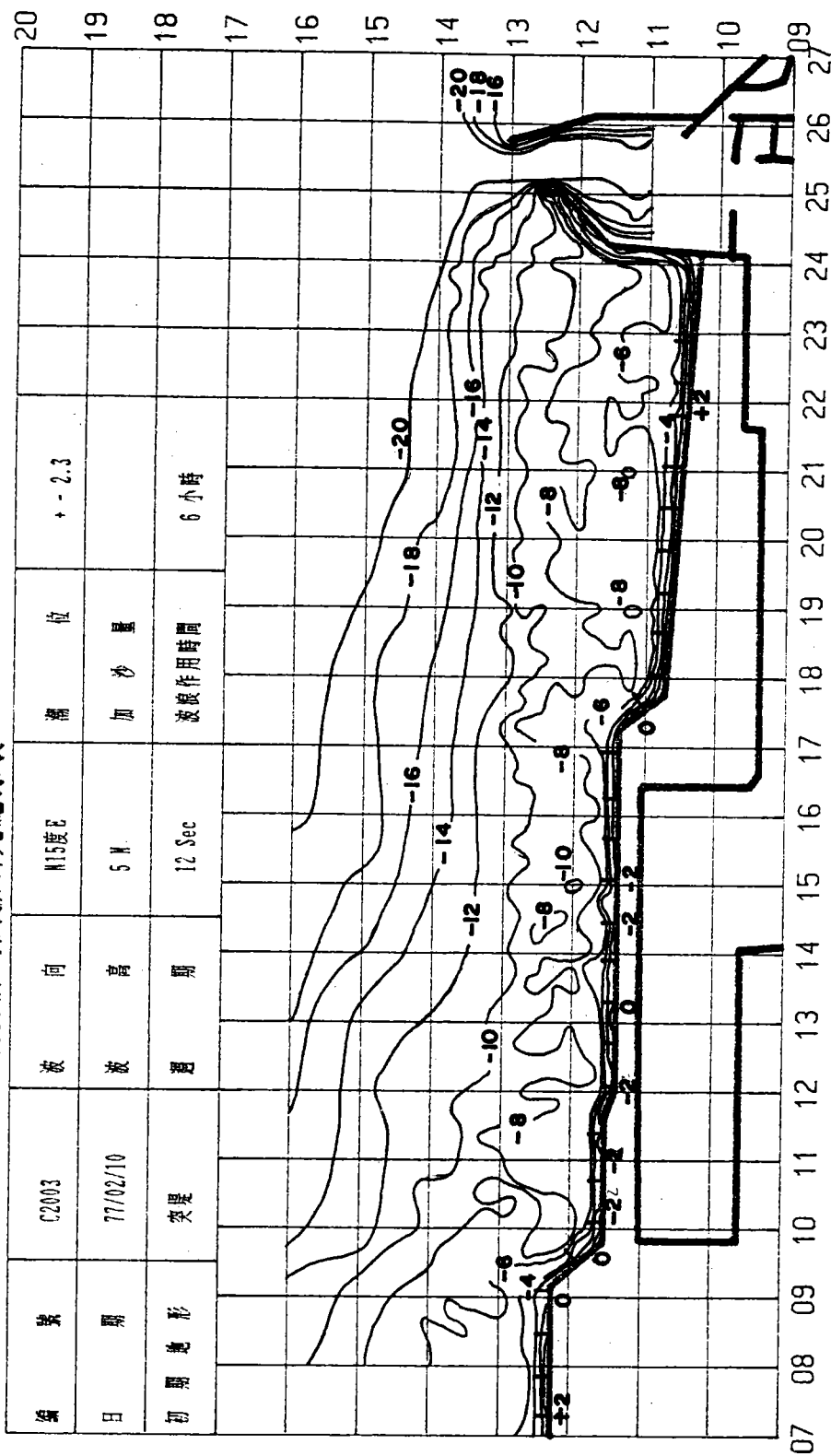


圖 7-10 (d) 佈置試驗 C-2 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計畫試驗研究紀錄表

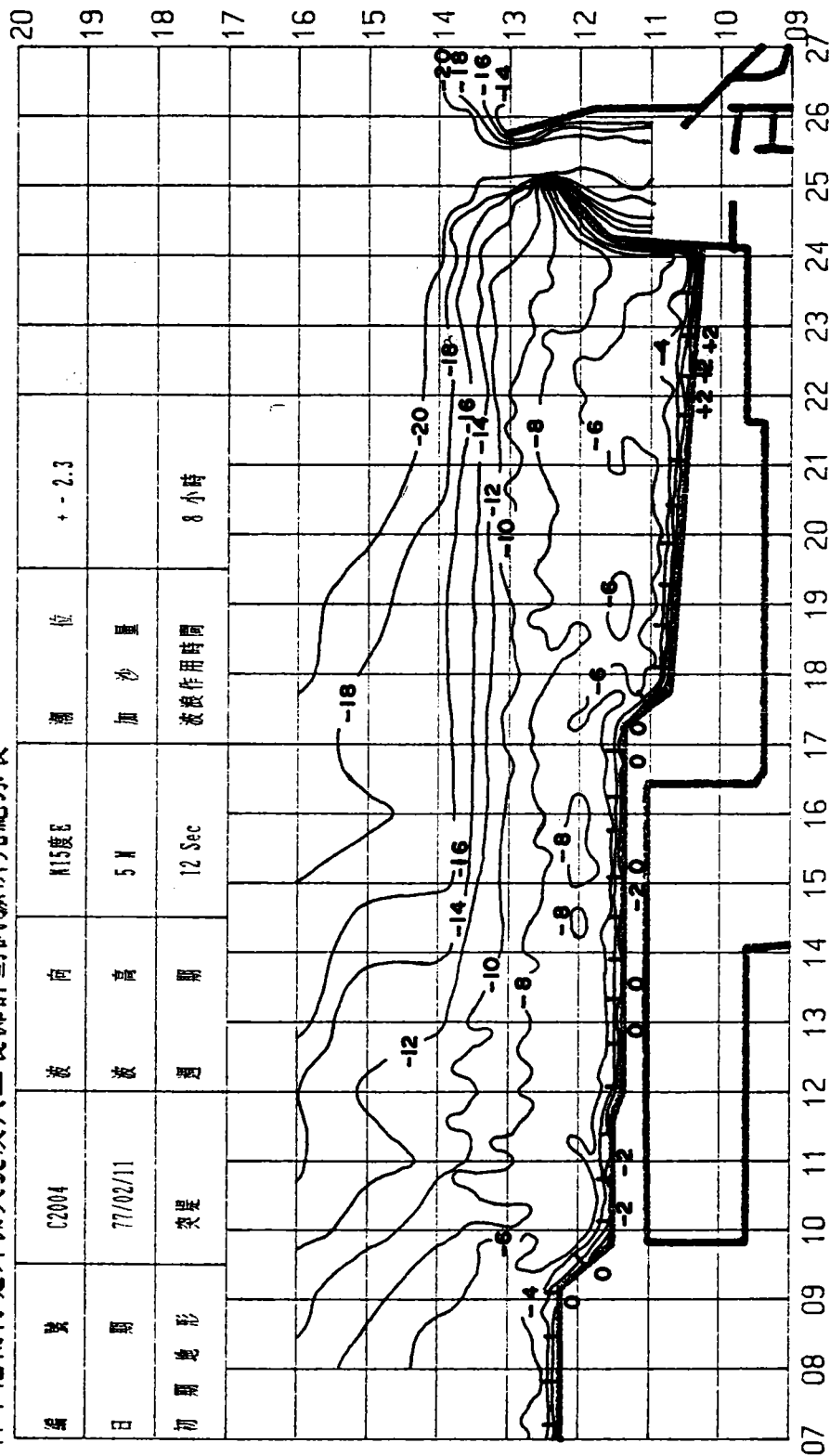


圖 7 - 10 (e) 佈置試驗 C-2 南海堤附近底床地形變化圖

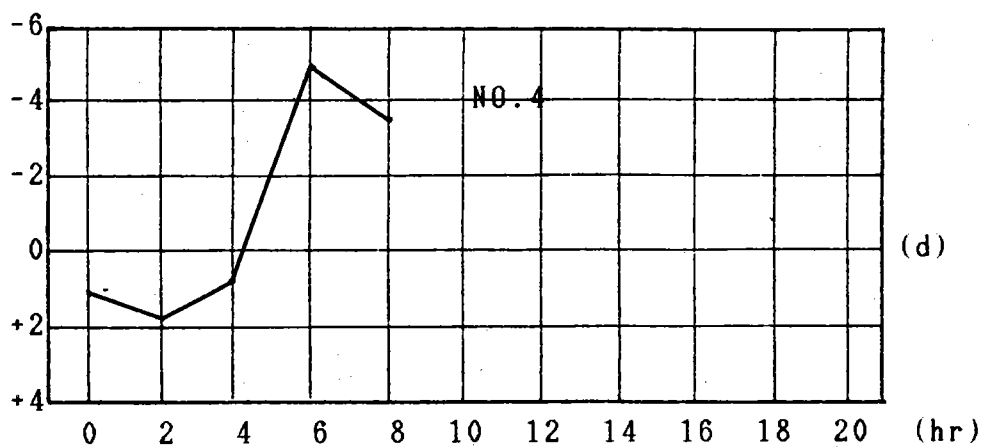
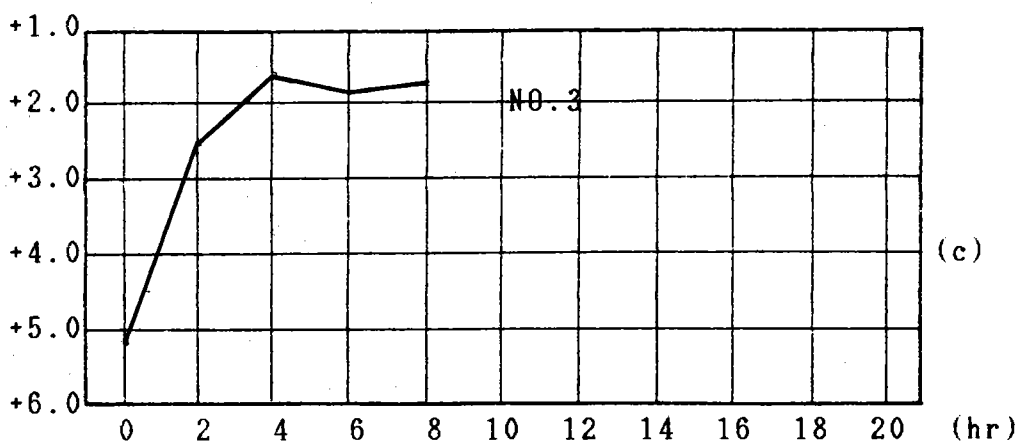
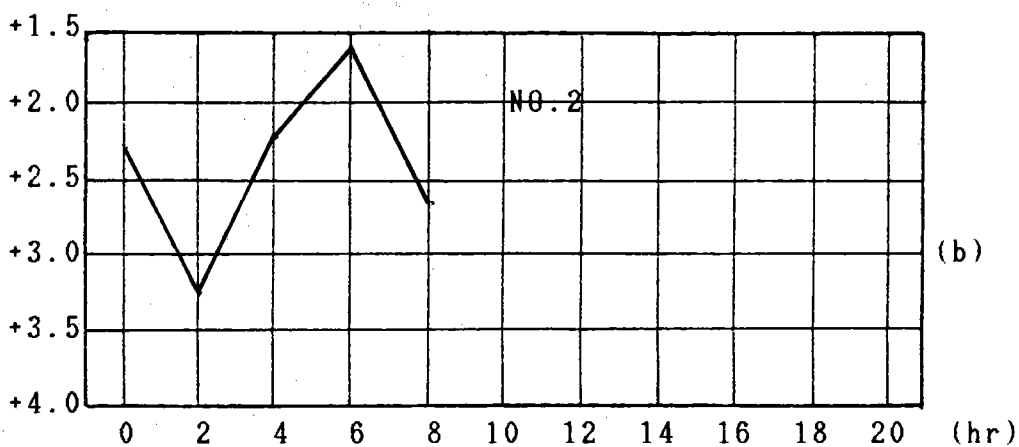
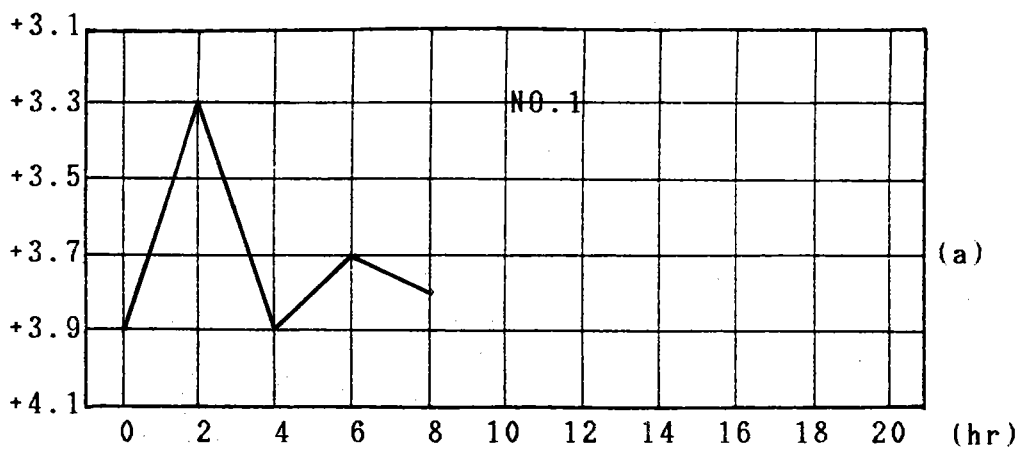


圖 7 - 11 佈置試驗 C - 2 南海堤附近主要點水深變化圖

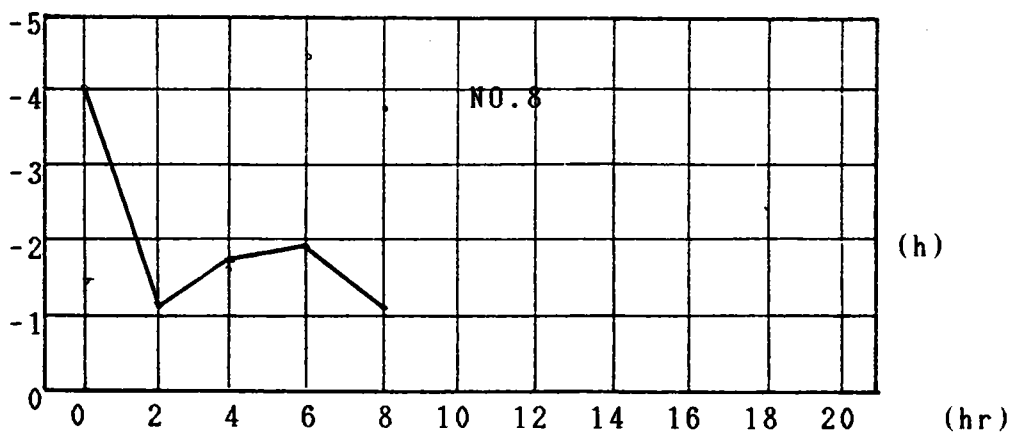
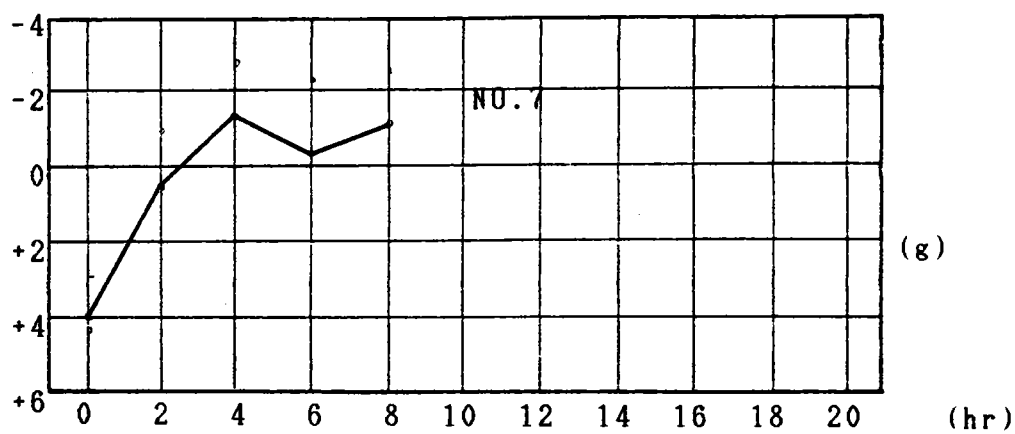
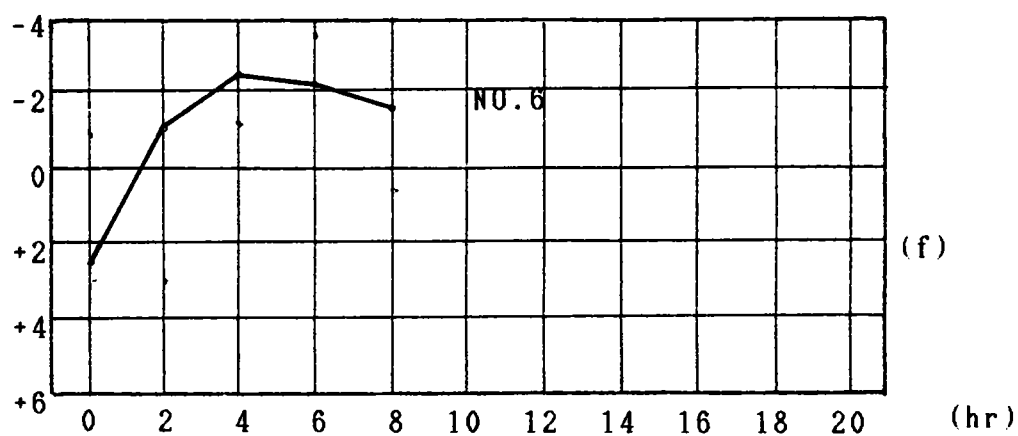
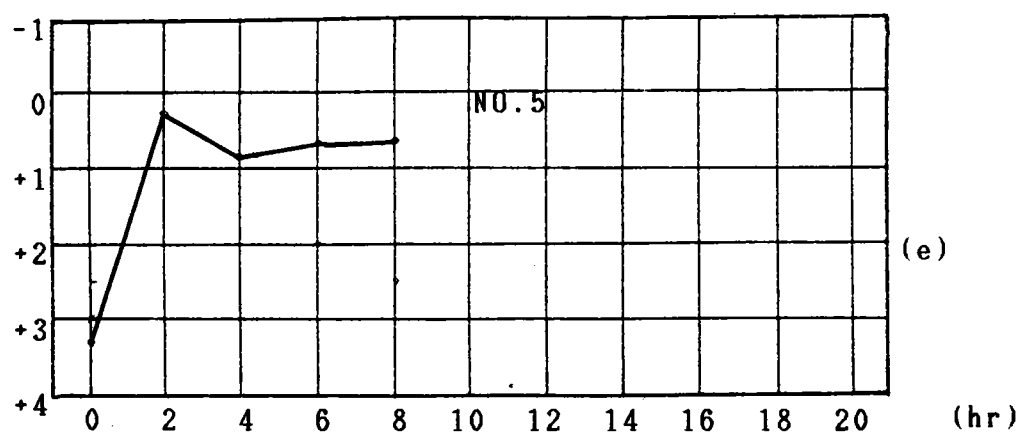
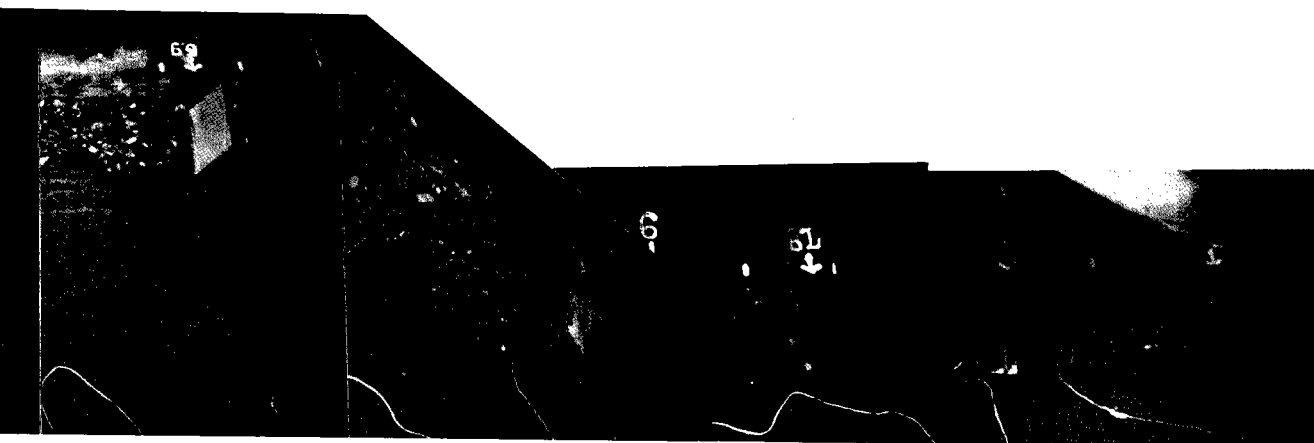
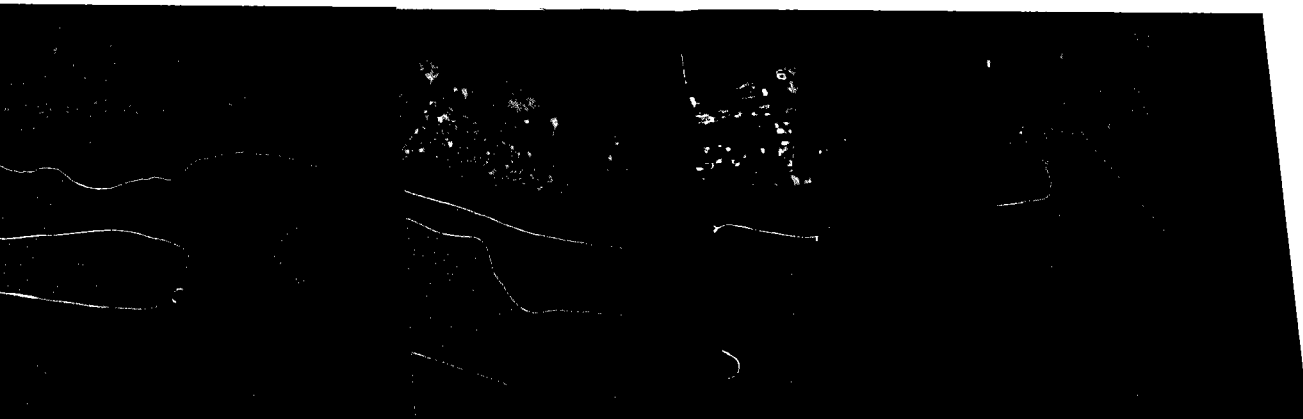
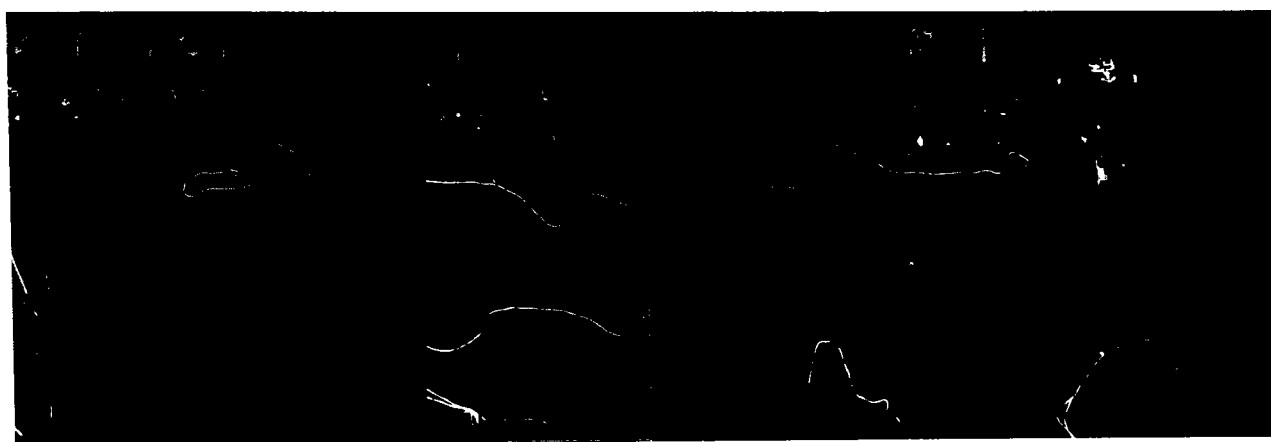
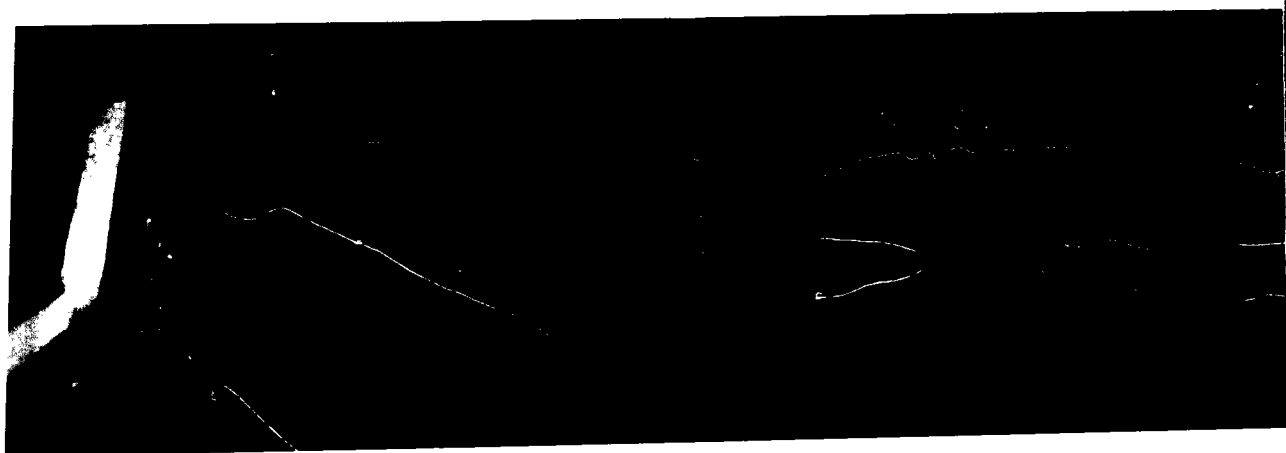


圖 7 - 11 (續) 佈置試驗 C - 2 南海堤附近主要點水深變化圖



造波 8 小時後地形變化



照片 6 佈置試驗 C-2 累積

(3) 試驗 C - 3

綜合試驗 C - 1 與 C - 2 試驗結果顯示，因南海堤岸邊消波護面塊石無法依照水平及垂直縮尺製作致影響試驗之定性結果，為改善此項缺失，並欲進一步瞭解僅有突堤存在時護基之安定性，本試驗仍採突堤長度維持 120 公尺，間距 300 公尺並拿掉南海堤岸邊消波護面塊石以進行試驗。本試驗累積時間亦長達 8 小時，惟僅在累積造波時間 0 小時以及 8 小時，即僅量測造波前初期地形以及累積造波 8 小時後地形變化高程。

圖 7 - 12 (a)、(b) 分別為試驗 C - 3 南海堤附近底床造波前初期地形以及累積造波 8 小時後地形變化圖。

圖 7 - 13 為試驗 C - 3 南海堤附近主要點水深變化圖。比較佈置試驗 C - 3 造波前初期形以及累積造波 8 小時後地形，試驗結果顯示，在南海堤岸側無消波塊石保護作用條件下，即使在南海堤建造一系列突堤，堤基仍然發生嚴重侵蝕現象其原因除南海堤岸側無充份砂源補給突堤無法發生定砂效果外，另一原因乃係南海堤與突堤均採直立壁，波浪反射激烈所致，尤其是在距南防波堤堤趾以南約 2000m 以及 5000m 處侵蝕情況最為嚴重如圖 7 - 12(b) 所示。

圖 7 - 13 (a) ~ (h) 為佈置試驗 C - 3 南海堤附近主要點水深變化，試驗結果顯示，除主要水深點 NO.1、NO.3 以及 NO.4 外其餘各點侵蝕幅度均甚大在 8m ~ 9m 間。

照片 7 為佈置試驗 C-3 累積造波時間 8 小時後地形變化，照片中顯示在突堤週遭均呈侵蝕狀故加置消波塊石保護措施仍有其必要。

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

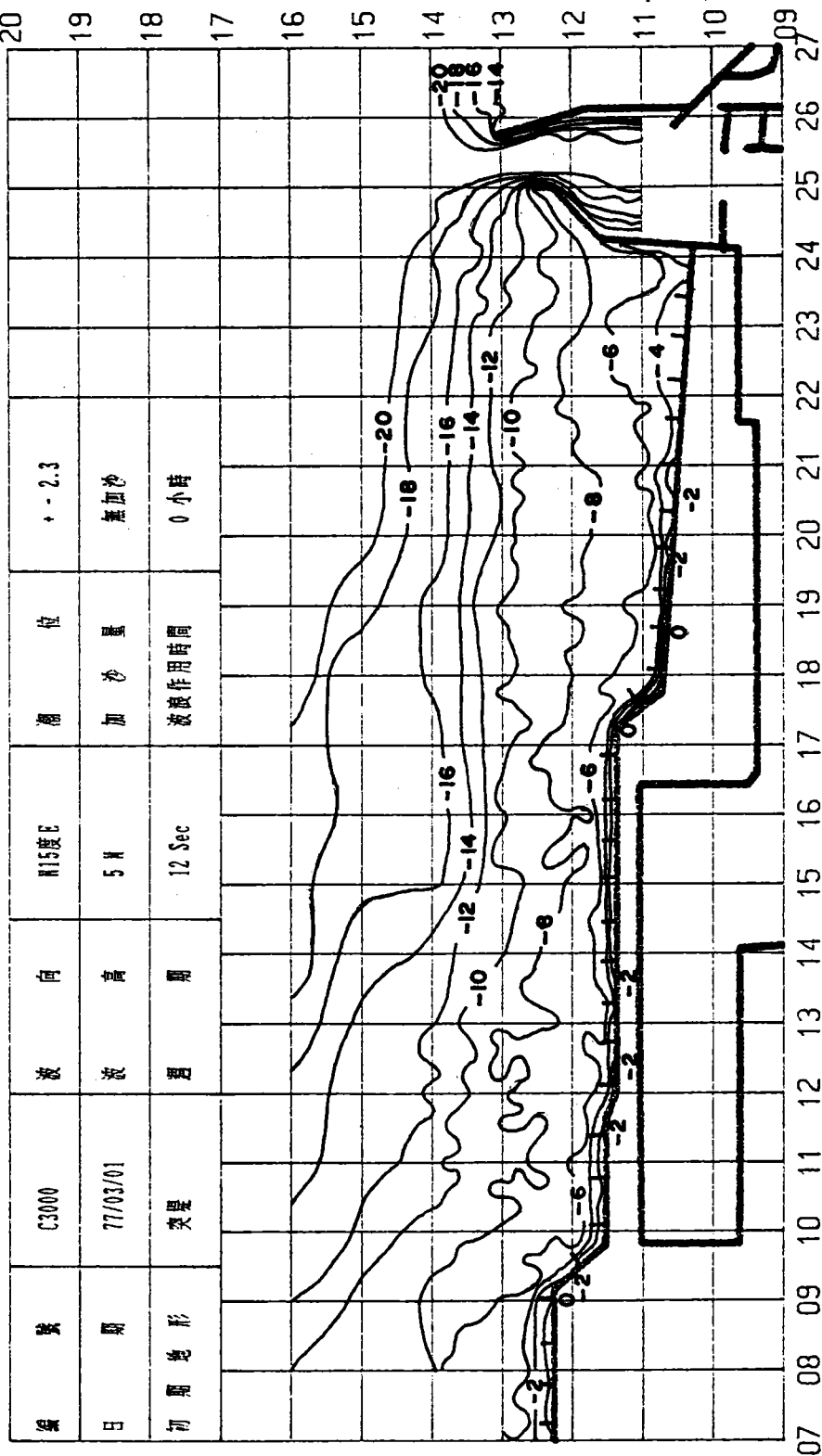


圖 7 - 12 (a) 佈置試驗 C-3 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

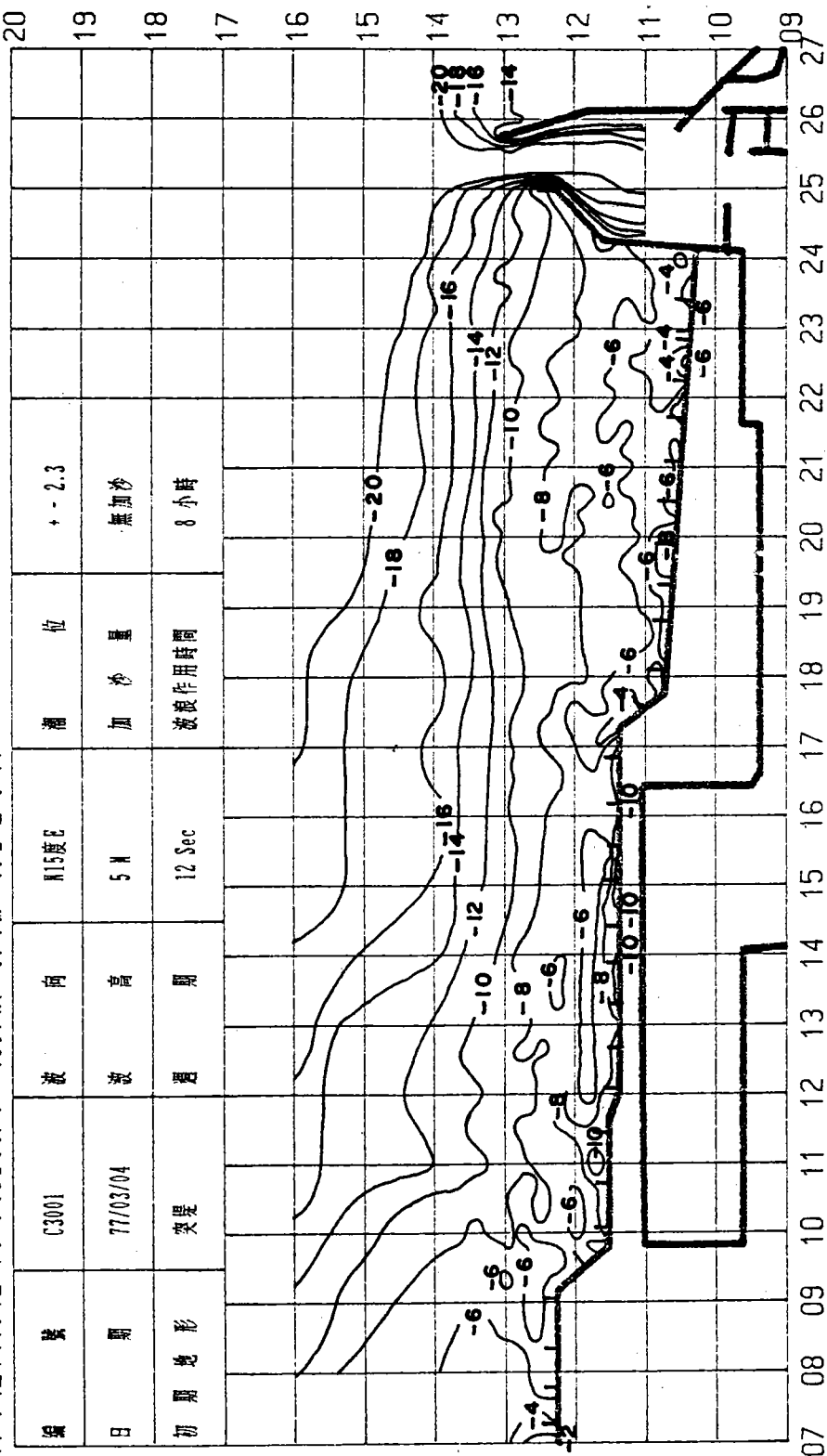


圖 7 - 12 (b) 佈置試驗 C-3 南海堤附近底地形變化圖

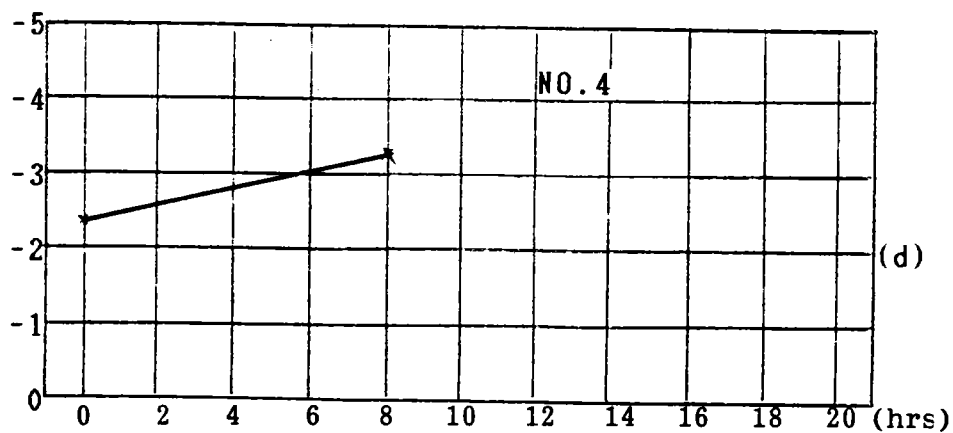
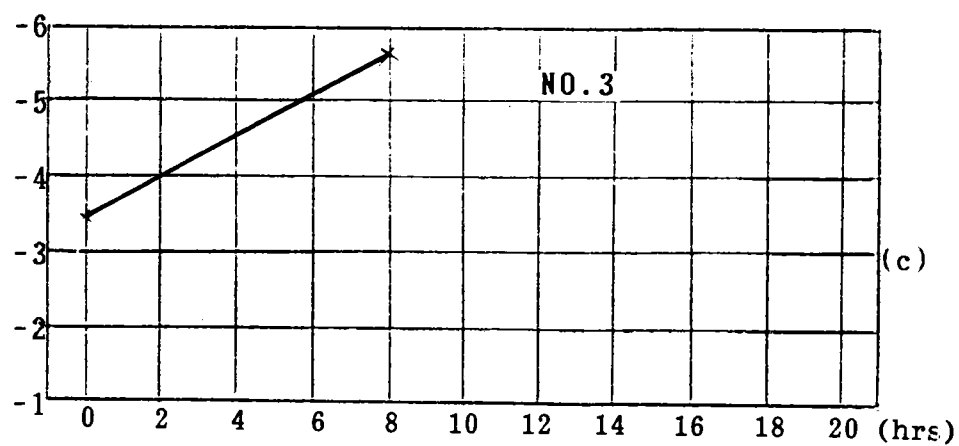
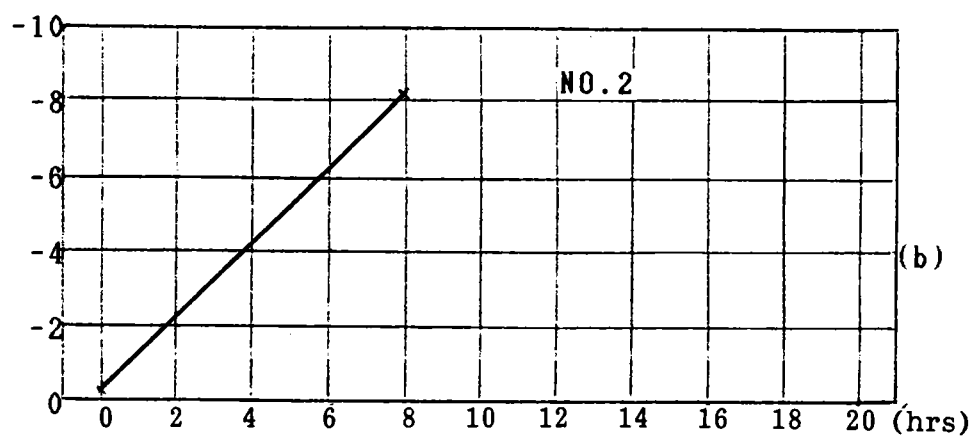
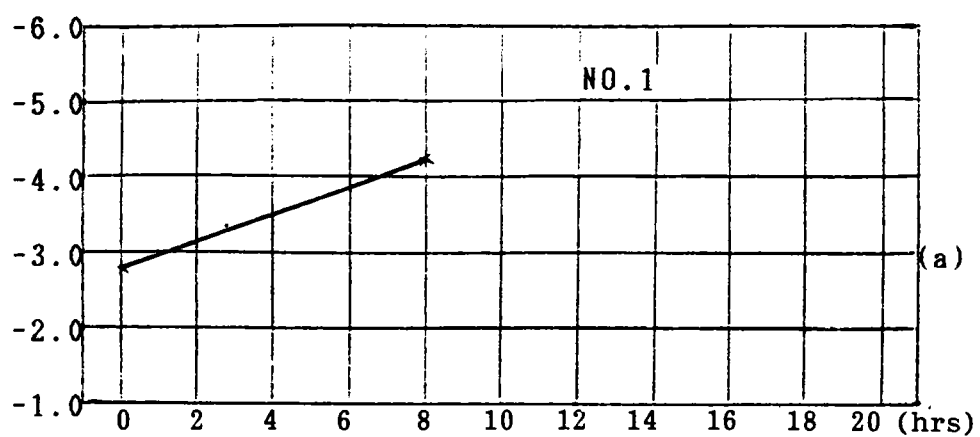


圖 7 - 13 佈置試驗 C-3 南海堤附近主要點水深變化圖

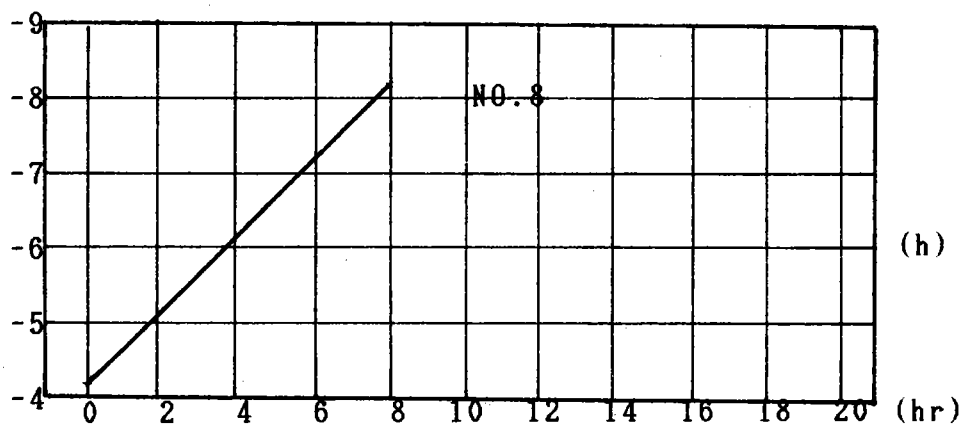
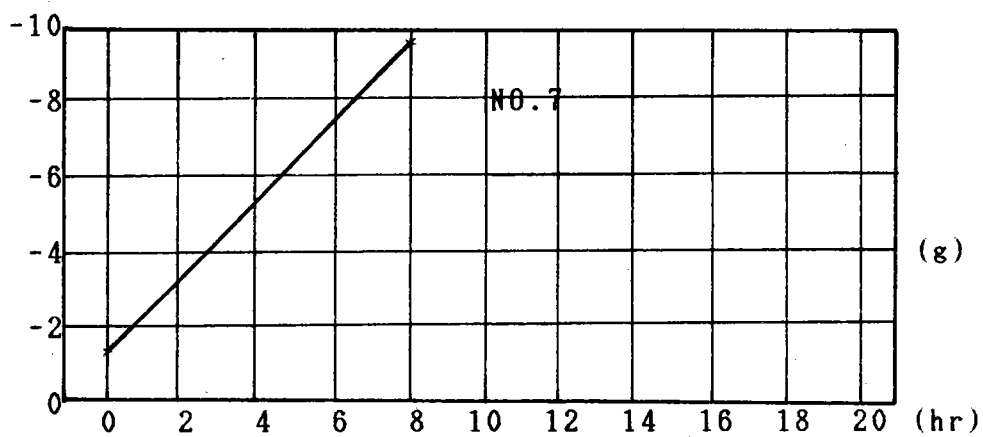
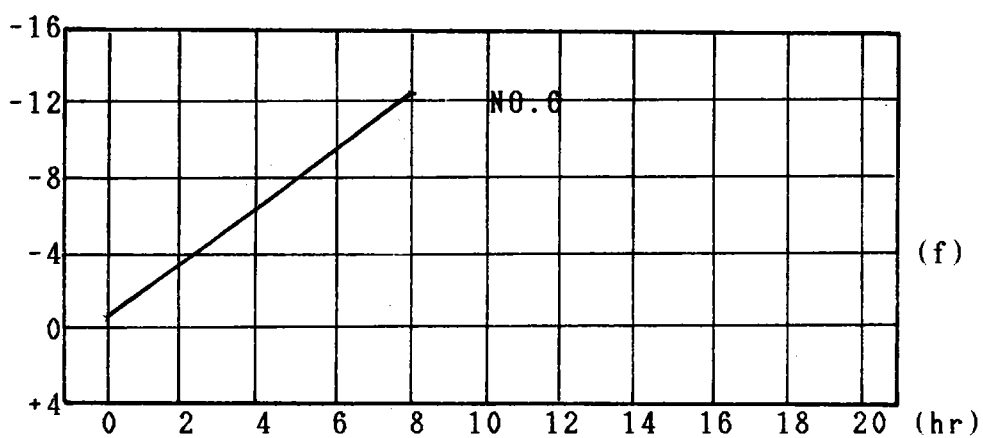
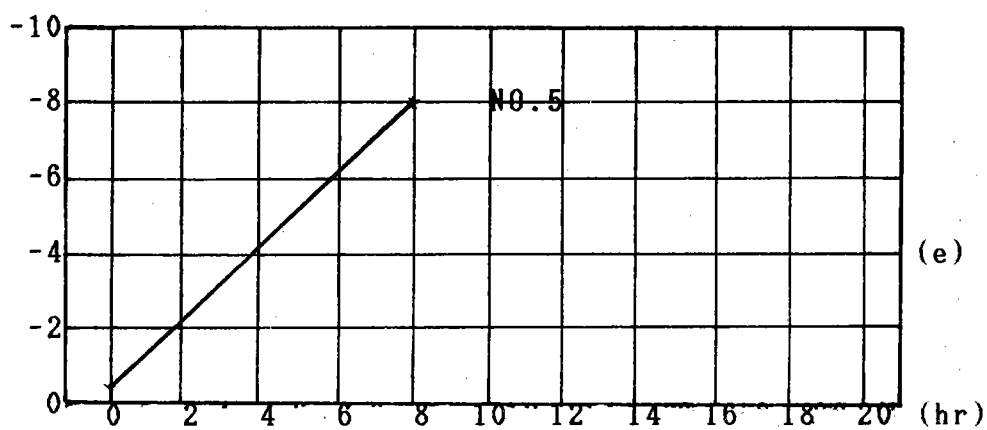
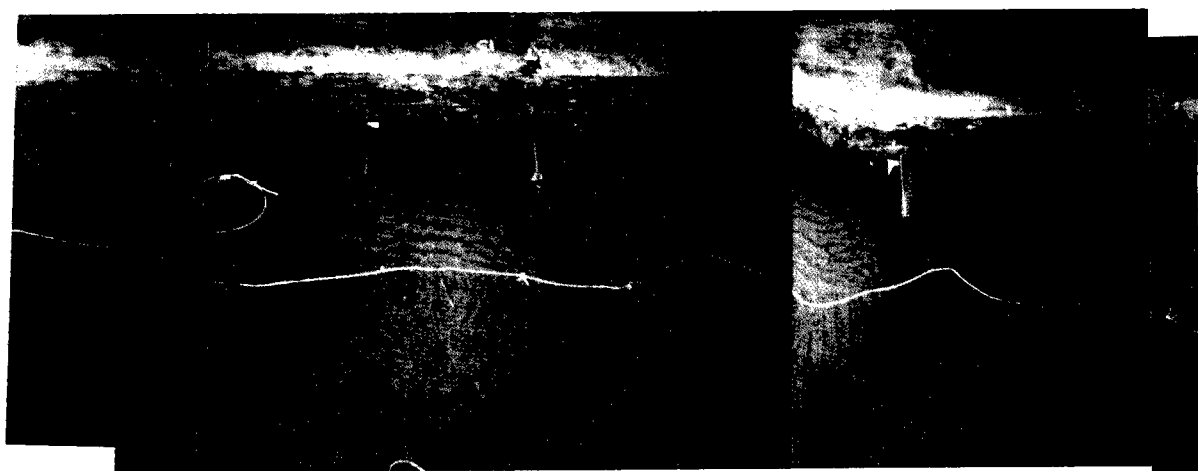
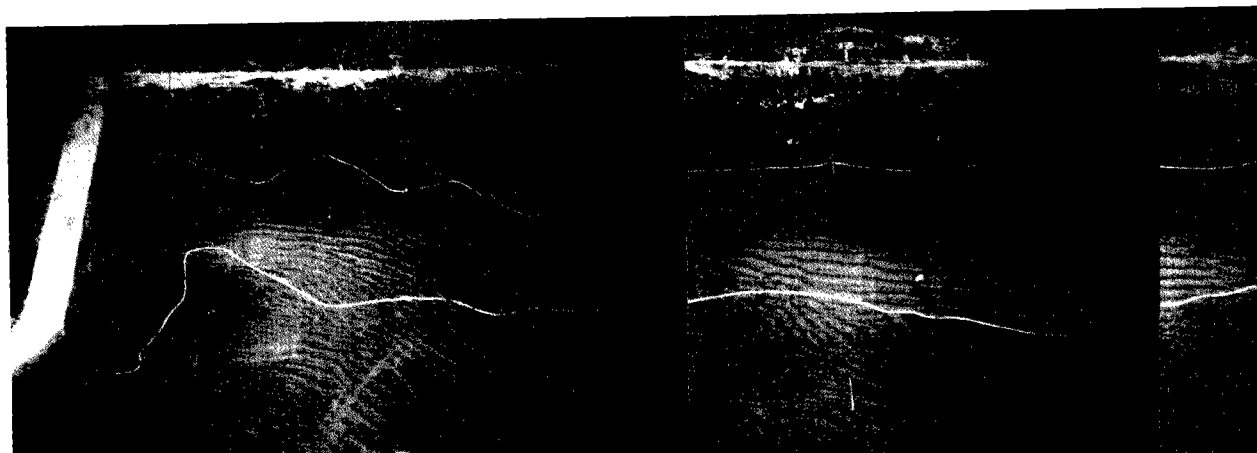
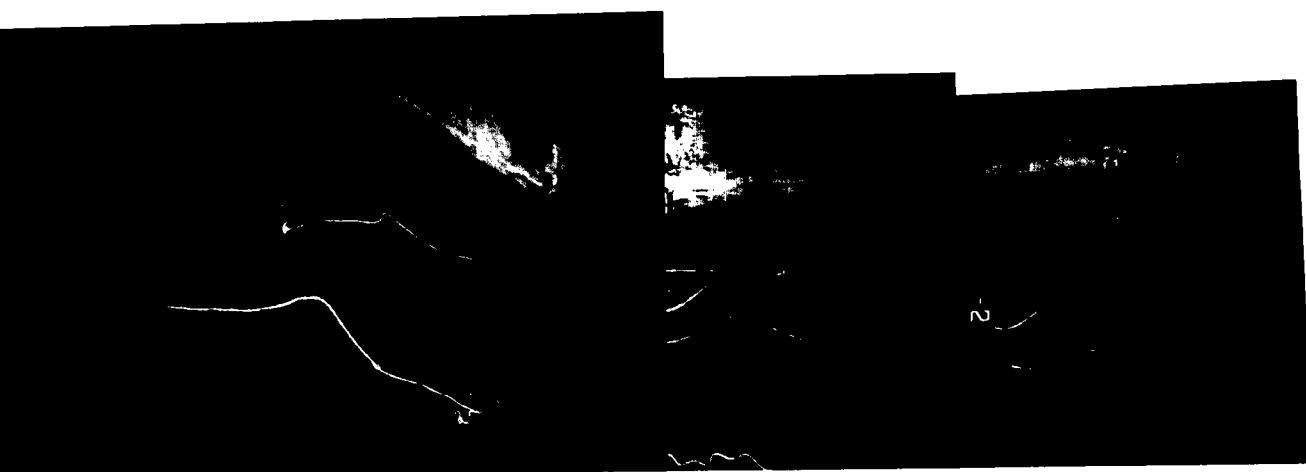


圖 7 - 13 (續) 佈置試驗 C-3 南海堤附近主要點水深變化圖



照片7 佈置試驗 C-3 累積



造波 8 小時後地形變化

(四) 離岸堤佈置試驗 D

有關海岸防蝕對策，除上述人工養灘、興建防沙突堤外，構築離岸堤（offshore breakwater）亦可用來防止海岸侵蝕，按離岸堤乃離開陸地，獨立於海中，用以消滅波能，以求堤內遮蔽穩靜海面之結構物，由於堤內波能削弱，漂沙沈澱淤積成繫岸沙丘，間接發揮海岸安定作用，故台中港務局為瞭解構築離岸堤後對南海堤安定作用效果建議進行該試驗。本所根據往昔學者有關離岸堤試驗結果參考本試驗波浪條件，則自南防波堤堤趾沿南海堤 5000m 範圍，離岸堤配置為長度 240m，間距 120m 採平行於南海堤配置方式距離為 225m，而距南防波堤堤趾 5000m 到大肚溪口間範圍，離岸堤亦採平行於南海堤配置，惟離岸堤長度為 200m，間距為 100m 與南海堤距離仍維持 225m。整個配置試驗累積造波時間仍達 8 小時，惟僅在造波前以及累積造波 8 小時後量測地形高程變化。

圖 7 - 14 (a)、(b) 分別為試驗 D 南海堤附近底床造波前初期地形以及累積造波 8 小時後地形變化圖。

圖 7 - 15 為試驗 D 南海堤附近主要點水深變化圖。離岸堤佈置試驗 D 試驗結果顯示，因離岸堤與南海堤間無足夠之沙源以形成繫岸沙洲（Tombolo），故南海堤堤基均發生侵蝕現象，尤以距南防波堤堤趾約 1500m ~ 2000m 間以及南海堤第一折角處以後為劇烈如圖 7-14(b) 所示，惟離岸堤後部因部份波浪為離岸堤所阻擋故仍有些微淤積現象，但因無沙源之補充效果並不顯著。

主要水深點其水深變化趨勢則因水深點所在位置與離岸堤相對位置有關，變化趨勢則不一致，除主要水深點 NO.1、NO.3 ~ NO.5 呈現淤積外如圖 7-15(a)、圖 7-15(c) ~ 圖 7-15(e) 所示，其餘則呈侵蝕狀。

照片 8 為佈置試驗 D 累積造波時間達 8 小時之地形變化。

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

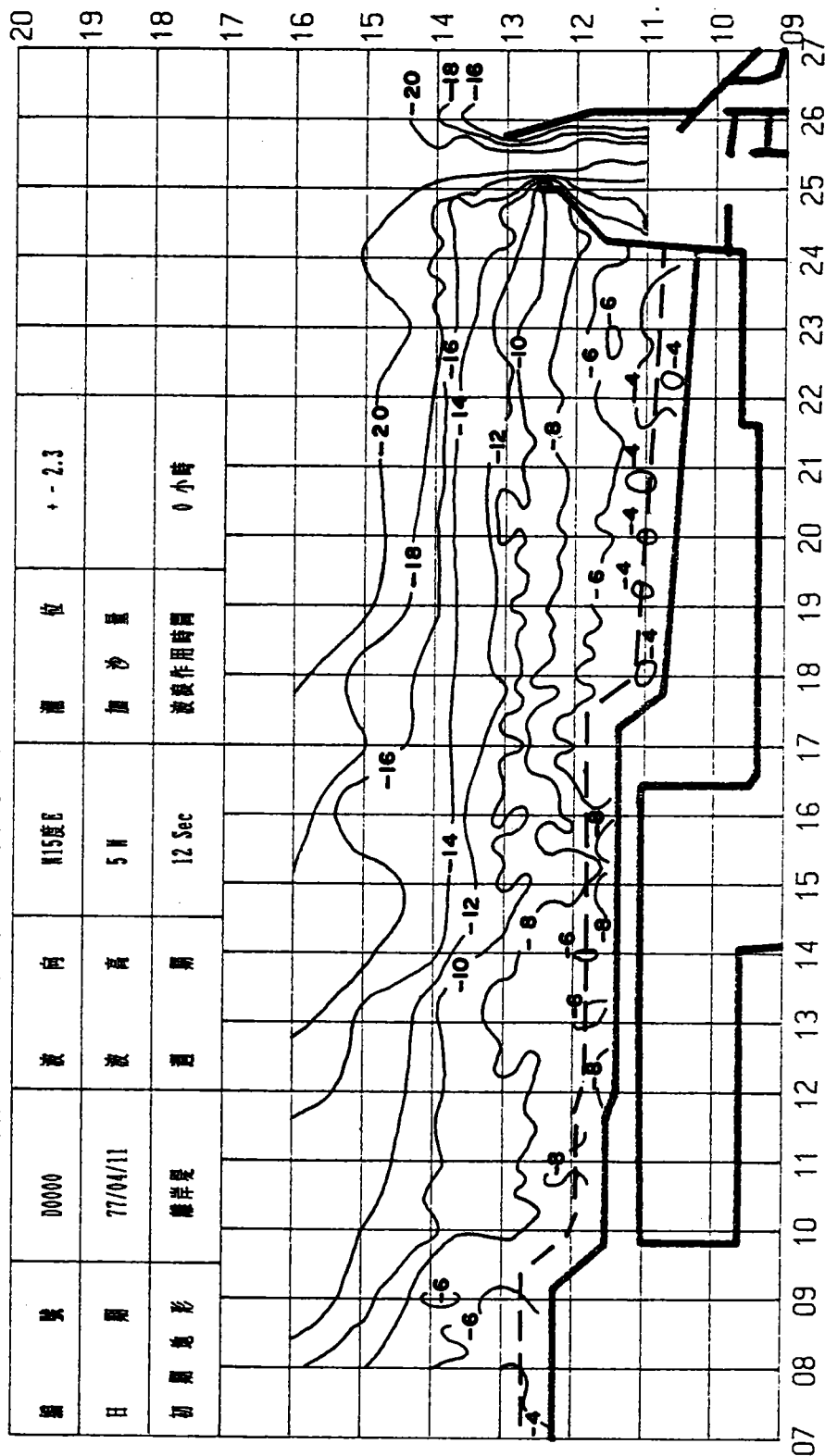


圖 7 - 14 (a) 佈置試驗 D 南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

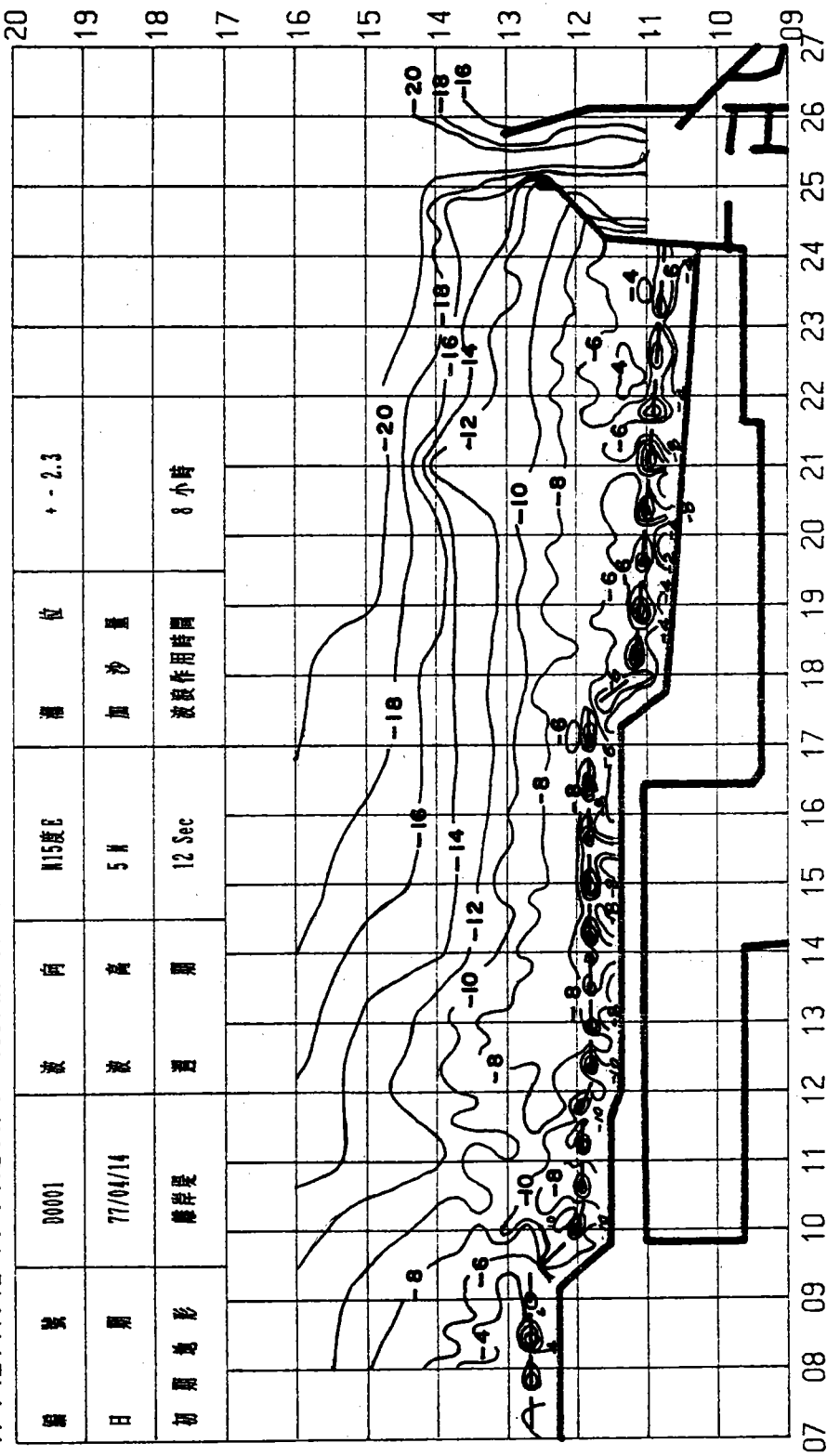


圖 7 - 14 (b) 佈置試驗 D 南海堤附近床地形變化圖

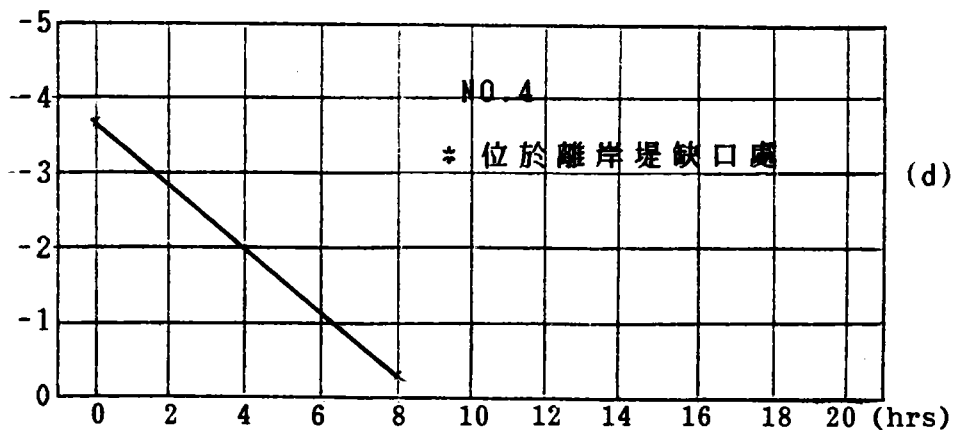
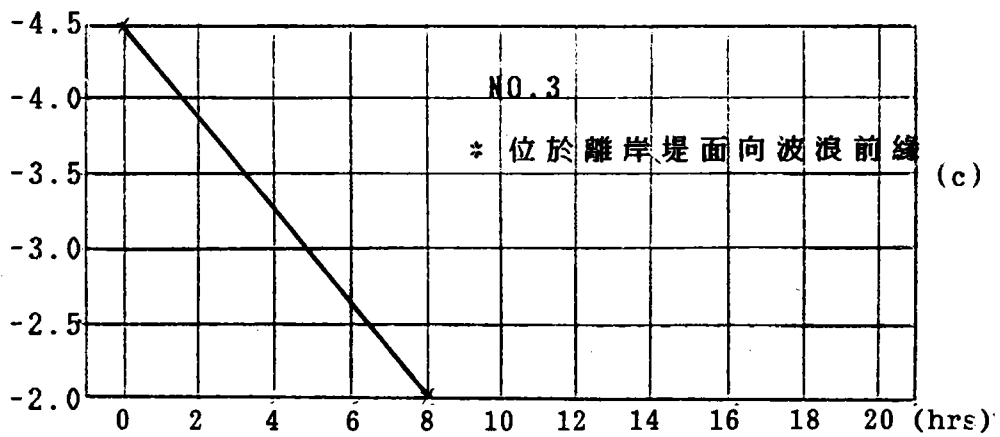
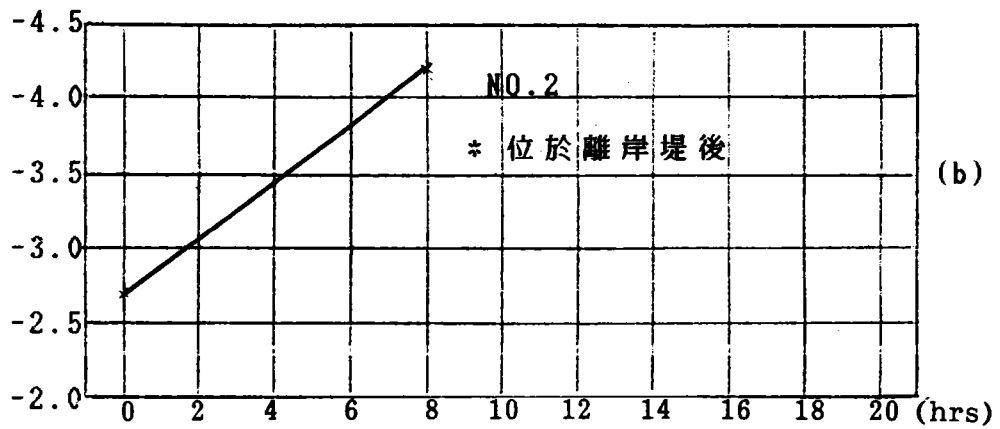
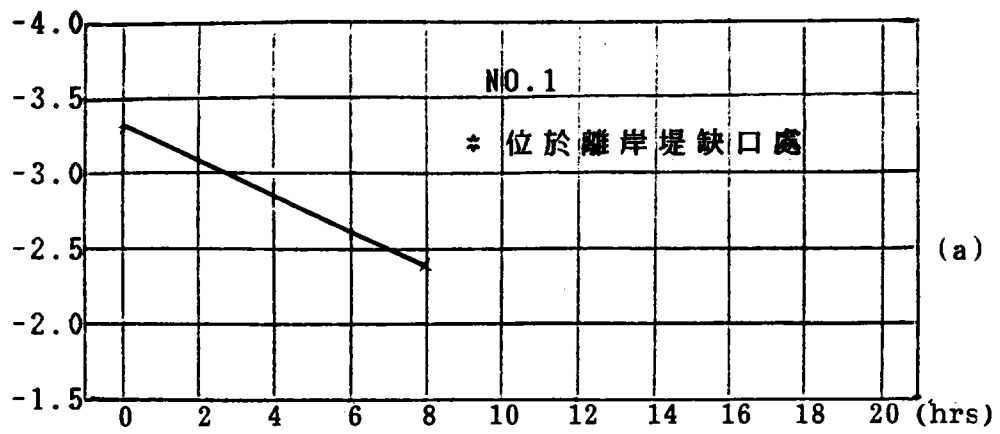


圖 7 - 15 佈置試驗 D 南海堤附近主要點水深變化圖

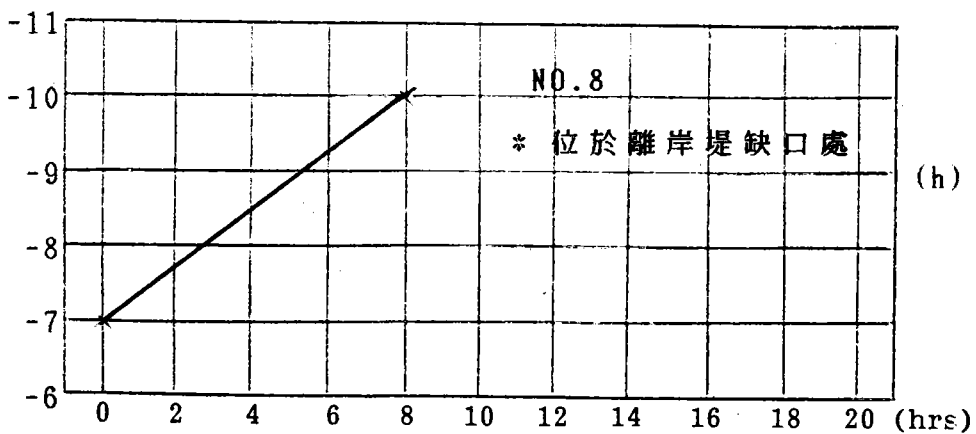
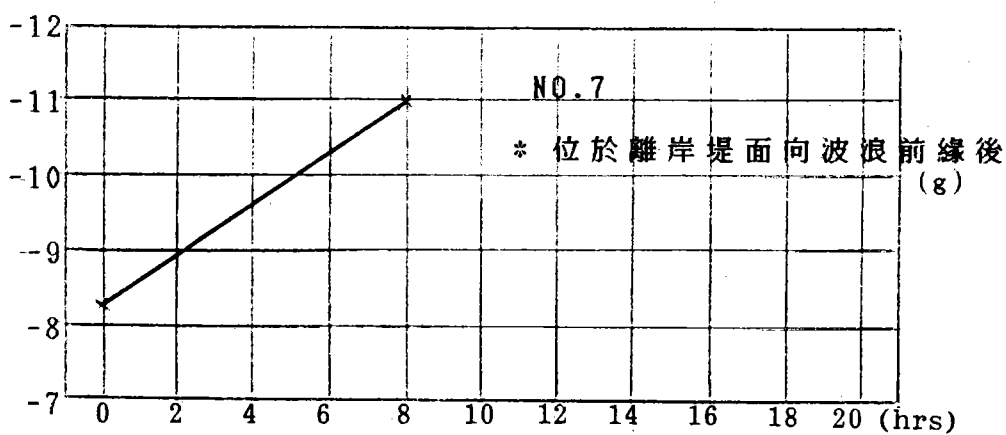
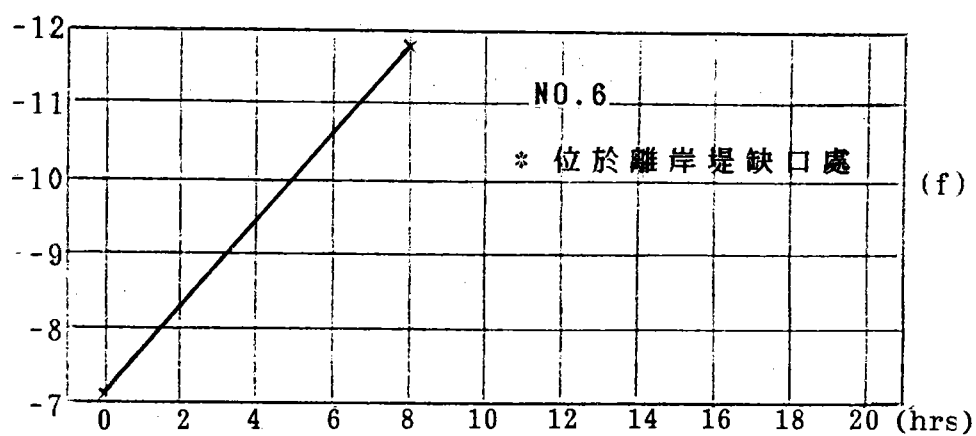
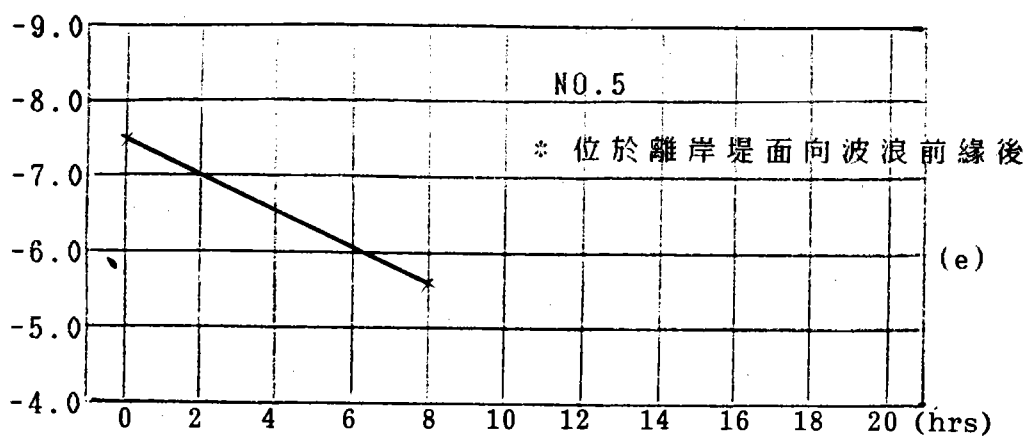
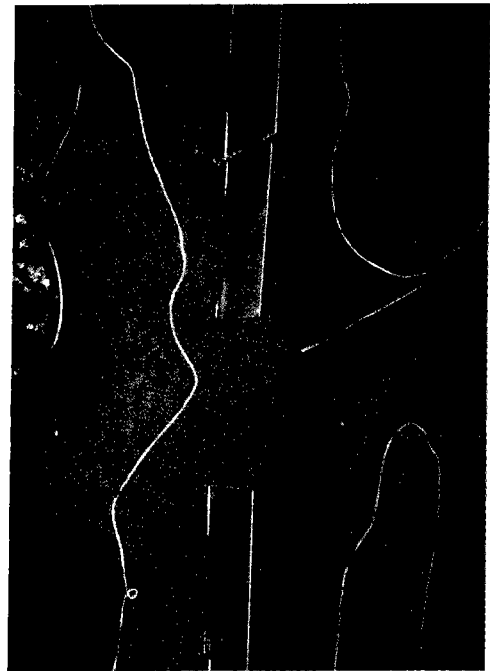
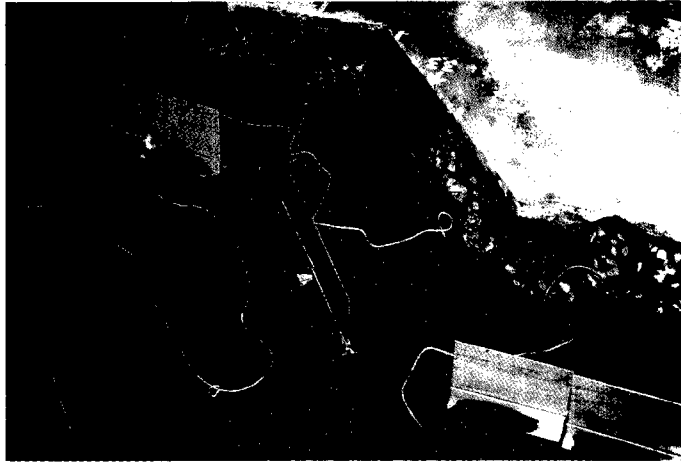


圖 7 - 15 (續) 佈置試驗 D 南海堤附近主要點水深變化圖



造波 8 小時後地形變化



照片 8 佈置試驗 D 累利

(五) 定案修正佈置試驗 E

綜合前面四項防蝕對策試驗結果顯示，造成堤基損害徵結所在，乃因侵蝕段上游區無足夠沙源補給被波浪所帶走者所至，故本定案修正佈置仍採試驗 C - 2 防沙突堤佈置方案突堤長度 120 公尺，間距為 300 公尺，並改善南海堤岸側消波護塊石配置方式，即利用類似蛇籠固定消波塊石在岸壁上以保持其應有之透水性，然後輔以人工養灘防蝕對策，選擇在試驗波浪作用下發生侵蝕斷面，加上相當每年 30 萬立方之沙源補充以進行試驗，加沙條件同佈置試驗 B - 1 中表 7-2。

本試驗累積造波時間長達 8 小時，分別量測在造波前初期地形以及累積造波 8 小時後之地形高程變化。

圖 7 - 16 為定案修正佈置試驗 E 南海堤附近底床造波前初期地形以及累積造波 8 小時後地形變化附圖。

圖 7 - 17 為定案修正佈置試驗 E 南海堤附近主要點水深變化圖。

圖 7 - 16(a) 為定案修正試驗 E 初期地形，該初期地形因模型鋪設過程、人員經驗研判認知之不同顯然與前面幾種佈置方案初期地形略有差異，惟不定床漂沙試驗乃係一種相對地定性試驗，故經過長時間波浪作用後仍可比較其相對定沙效果，圖 7 - 16(b) 則為累積造波 8 小時後，南海堤附近底床變化，試驗結果顯示，突堤配置再加上人工養灘，南海堤海側地形顯然已較圖 7-16 (a) 初期地形改善，故顯然在此試驗波浪條件作用下，每年加 30 萬立方米土方可確保南海堤堤基免於再繼續侵蝕，若沙源

足夠的話當更有助於確保海堤堤基之安全。

圖 7 - 17 (a) ~ (h) 為定案修正佈置 E 南海堤附近主要點水深變化，試驗結果顯示除主要點 NO.7、NO.8 地形稍有侵蝕跡象外，其餘各主要點均呈淤積，平均達 4m 以上。

照片 9 為定案修正佈置試驗 E 累積造波時間達 8 小時後地形變化，照片中顯示，除南海堤下游區靠近大肚溪側因沙源尚未及時補充略有侵蝕跡象外，近南防波堤側南海堤上游區堤前已有淤積現象。

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

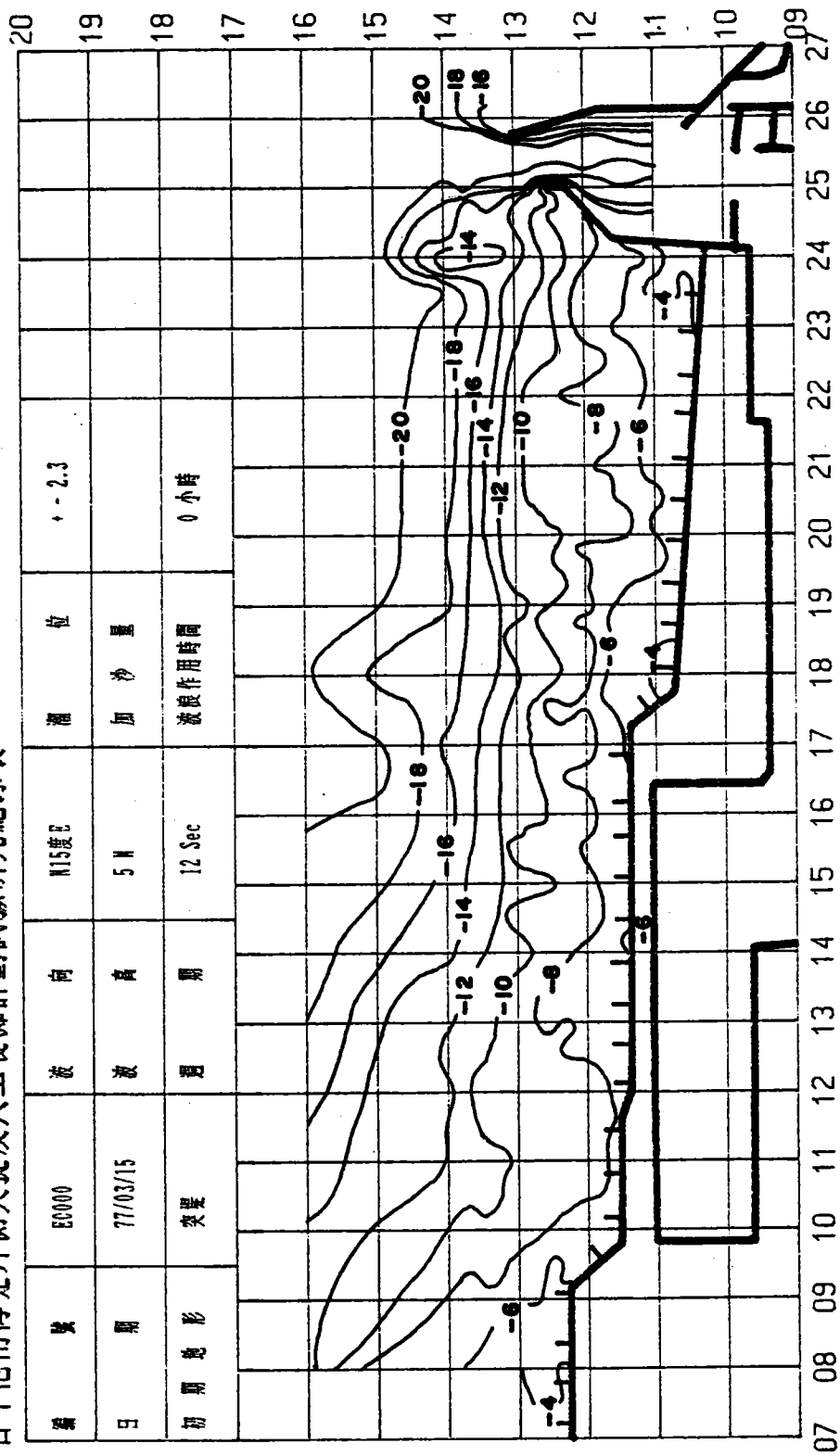


圖 7 - 16 (a) 定案修正佈置試驗 [南海堤附近底床地形變化圖

台中港南海堤外側突堤及人工養灘計劃試驗研究紀錄表

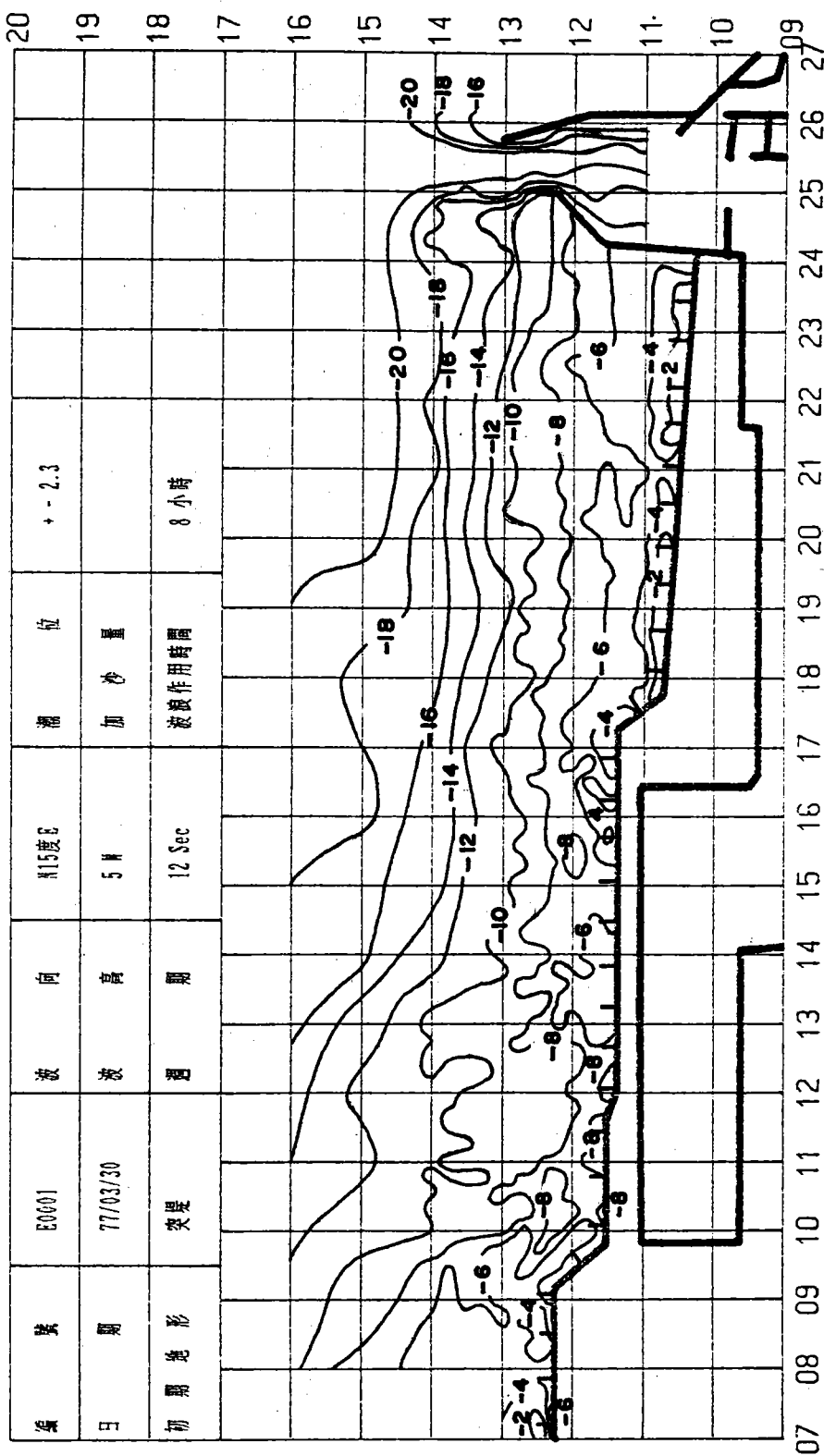


圖 7 - 16 (b) 定案修正佈置試驗 E 南海堤附近底床地形變化圖

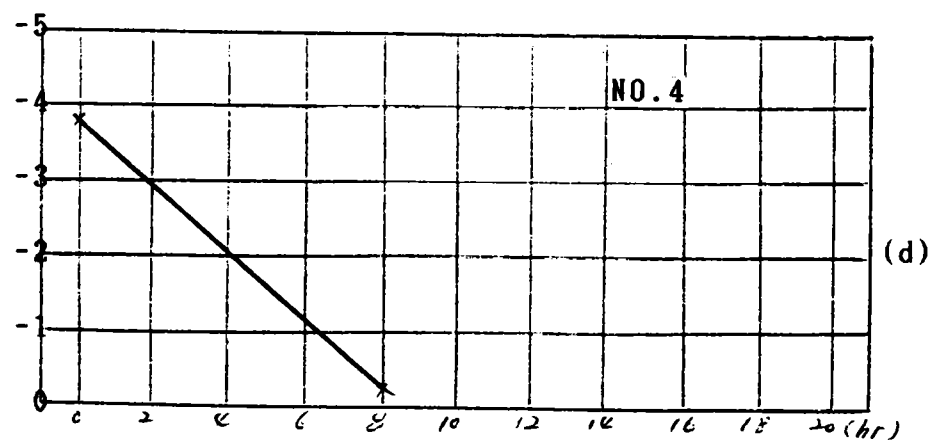
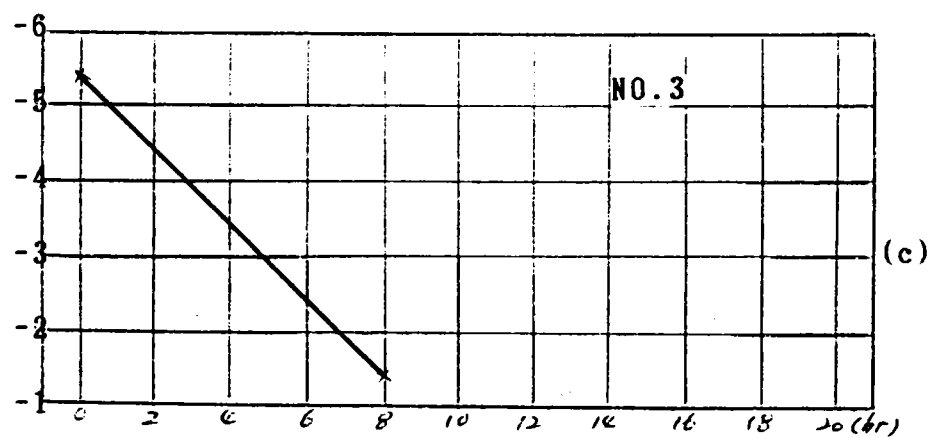
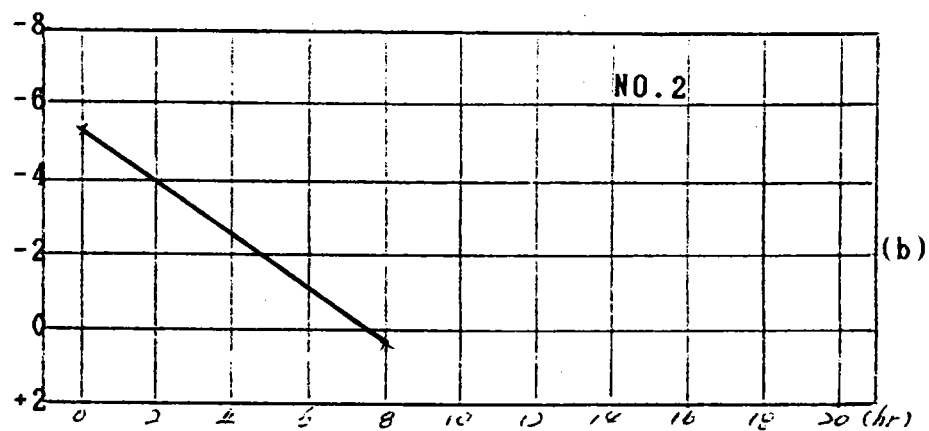
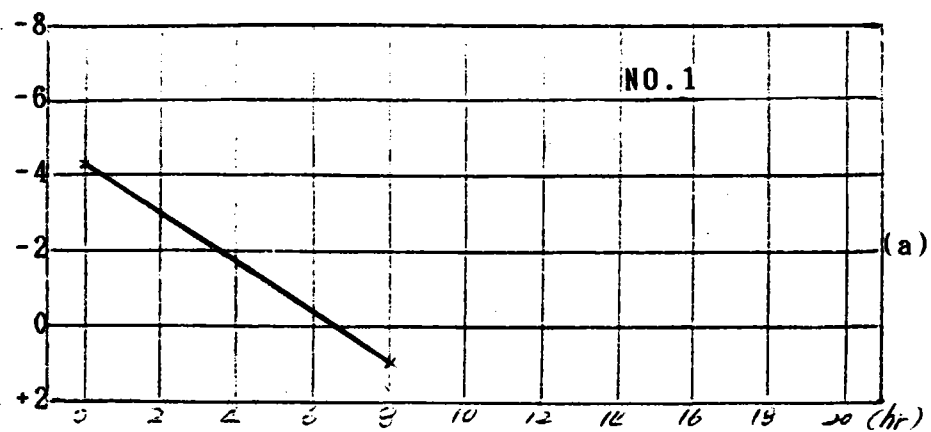


圖 7 - 17 定案修正佈置試驗 E 南海堤附近主要點水深變化圖

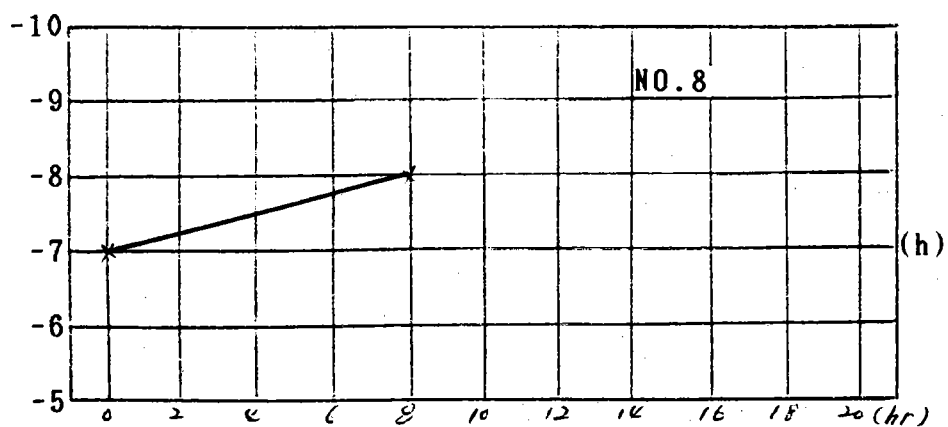
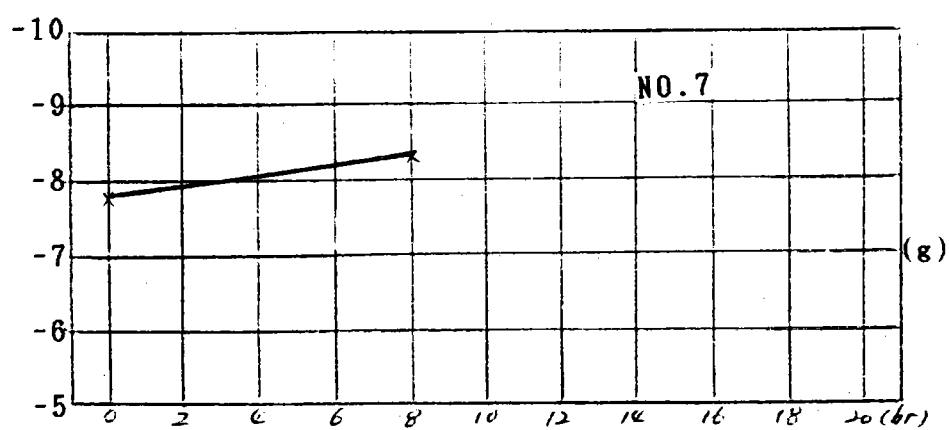
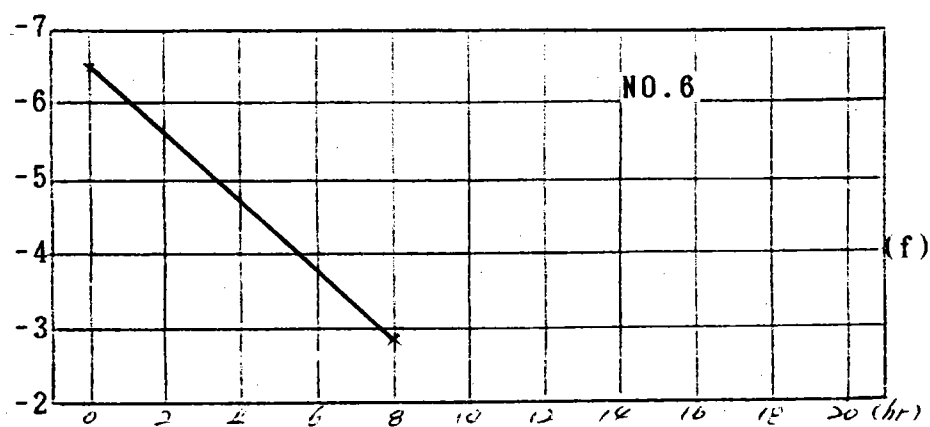
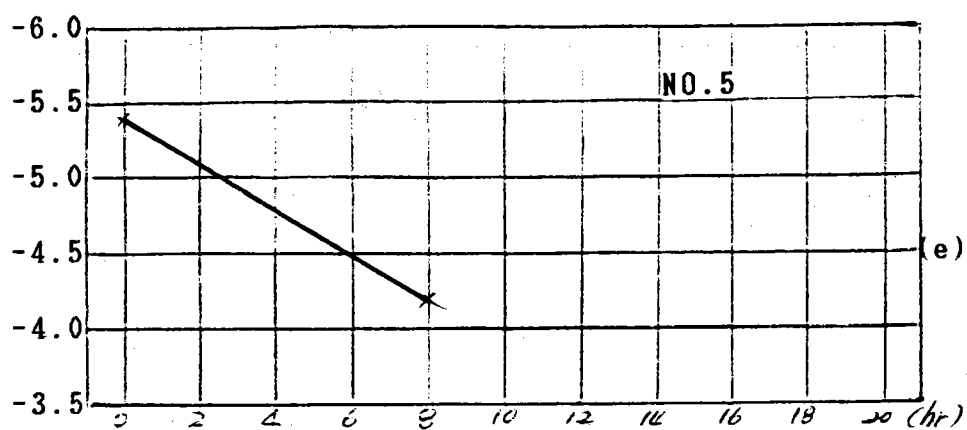
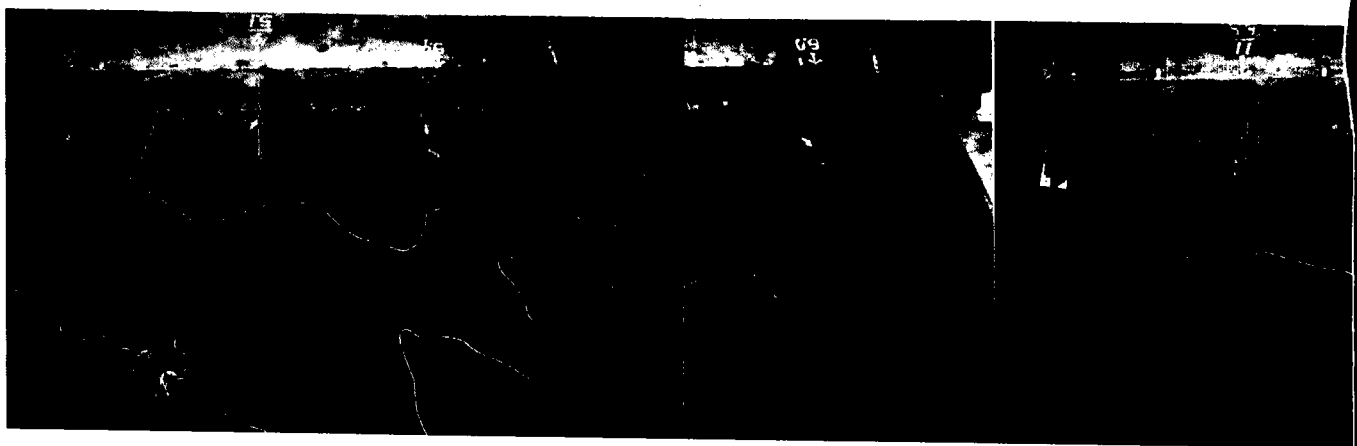


圖 7 - 17 (續) 定案修正佈置試驗 E 南海堤附近主要點水深變化圖





照片 9 佈置試驗 E 累積造波 8 小時後地形變化

捌. 結論及建議

海灘乃波浪能量最有效天然消波能體，人類若冒然以人為方法在海灘構築直立壁或突堤等，對海岸加以激烈改變，則將改變波浪狀況致使海岸地形發生大規模變動，加以台中港南、北防波堤興建後，阻絕自北往南漂沙，致使南海堤因無適當數量沙源補給，終因波浪作用發生侵蝕。故根據前面數項試驗結果顯示為確保堤基安全，在目前台中港務局有充份沙源補給條件下，建議“人工養灘”應是一種最佳而應優先考慮防蝕對策，若能再輔以突堤工程則當更具成效，惟台中港務局所提突堤佈置，根據試驗結果，若突堤間距仍維持 300m，則突堤長度應延伸為120m且應確實作好突堤以及海堤間之消波設施。至於離岸堤、突堤高度，本次試驗係以不越波為原則，欲探討越波效果對漂沙之影響，建議應進一步作較大等比縮尺模型試驗才有意義。有關人工養灘加沙數量，在南海堤全部興建完成後，且認可預備試驗效應前提下，則根據本次試驗結果每年僅要在距離南防波堤堤趾 500m 及依次每間距為1500m處投置總量約為 30 萬立方之土沙量即可確保堤基安定，惟初期必須先投置南海堤海側因颱風等所損失之侵蝕量約 100 萬立方，養灘期間每年一次效果為最佳，愈久則次之。

參 考 資 料

1. 台中港工程局，（ 1973 年 12 月 ） " 台中港外廓堤防佈置之模型試驗研究 "。
2. 張金機、黃清和（ 1982 年 5 月 ） " 台中港外廓堤防漂沙模型檢核試驗研究報告 " 港研所專刊 NO 1。
3. 湯麟武（ 1971 年 ） " 海岸工程規劃設計 " 農復會特刊新二號。
4. 郭金棟 " 海岸工程 " 中國水利工程學會。
5. 行政院科技顧問組（ 1986 年 5 月 ） " 荷蘭海岸地區開發及管理研討會 - 人工養灘 - "。