

專刊第78號

彰化濱海工業區海堤面坡與堤腳 沖刷深度關係試驗研究

何良勝 黃清和

委託單位：國立成功大學台南水工試驗所

執行單位：交通處港灣技術研究所

中華民國八十一年六月

台中

梧棲

目 錄

圖 目 錄	I
表 目 錄	III
第 一 章 前 言	1
第 二 章 試 驗 目 的	2
第 三 章 試 驗 過 程	3
3 - 1 試 驗 條 件	3
3 - 2 試 驗 設 備 及 儀 器	5
3 - 3 試 驗 配 置	6
3 - 4 試 驗 項 目	6
3 - 5 試 驗 步 驟	7
第 四 章 試 驗 結 果 與 討 論	10
第 五 章 結 論 與 建 議	41
參 考 文 獻	42

圖 目 錄

- 圖 3- 1 模型試驗地形示意圖
- 圖 4- 1 量測範圍與量測位置示意圖
- 圖 4- 2 堤面坡度1/2時，季節風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4- 3 堤面坡度1/4時，季節風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4- 4 堤面坡度1/6時，季節風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4- 5 季節風波浪造波3小時後，堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4- 6 季節風波浪造波6小時後，堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4- 7 季節風波浪造波10小時後，堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4- 8 季節風波浪造波15小時後，堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4- 9 堤面坡度1/2時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4-10 堤面坡度1/4時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4-11 堤面坡度1/6時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4-12 堤面坡度1/2時，颱風與季節風波浪堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4-13 堤面坡度1/4時，颱風與季節風波浪堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4-14 堤面坡度1/6時，颱風與季節風波浪堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4-15 堤面坡度1/3時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4-16 堤面坡度1/5時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4-17 堤面坡度1/7時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度
- 圖 4-18 颱風波浪造波1小時後，堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4-29 颱風波浪造波3小時後，堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4-20 颱風波浪造波6小時後，堤腳沖刷深度之比較
- 圖 4-21 堤面坡度1/2時，季節風波浪海堤外地形變化關係
- 圖 4-22 堤面坡度1/4時，季節風波浪海堤外地形變化關係
- 圖 4-23 堤面坡度1/6時，季節風波浪海堤外地形變化關係

- 圖 4-24 堤面坡度1/2時，颱風波浪海堤外地形變化關係
- 圖 4-25 堤面坡度1/3時，颱風波浪海堤外地形變化關係
- 圖 4-26 堤面坡度1/4時，颱風波浪海堤外地形變化關係
- 圖 4-27 堤面坡度1/5時，颱風波浪海堤外地形變化關係
- 圖 4-28 堤面坡度1/6時，颱風波浪海堤外地形變化關係
- 圖 4-39 堤面坡度1/7時，颱風波浪海堤外地形變化關係
- 圖 4-30 堤面坡度1/2時，季節風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-31 堤面坡度1/2時，季節風波浪作用15小時後之地形變化
- 圖 4-32 堤面坡度1/4時，季節風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-33 堤面坡度1/4時，季節風波浪作用15小時後之地形變化
- 圖 4-34 堤面坡度1/6時，季節風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-35 堤面坡度1/6時，季節風波浪作用15小時後之地形變化
- 圖 4-36 堤面坡度1/2時，颱風波浪作用3小時後之地形變化
- 圖 4-37 堤面坡度1/2時，颱風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-38 堤面坡度1/3時，颱風波浪作用3小時後之地形變化
- 圖 4-49 堤面坡度1/3時，颱風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-40 堤面坡度1/4時，颱風波浪作用3小時後之地形變化
- 圖 4-41 堤面坡度1/4時，颱風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-42 堤面坡度1/5時，颱風波浪作用3小時後之地形變化
- 圖 4-43 堤面坡度1/5時，颱風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-44 堤面坡度1/6時，颱風波浪作用3小時後之地形變化
- 圖 4-45 堤面坡度1/6時，颱風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-46 堤面坡度1/7時，颱風波浪作用3小時後之地形變化
- 圖 4-47 堤面坡度1/7時，颱風波浪作用6小時後之地形變化
- 圖 4-48 颱風波浪作用下，沙洲位置示意圖

表 目 錄

表 3-1 模型比尺與模型物理量

表 3-2 試驗項目表

第一章 前 言

沙灘海岸均難免有地形之變化，較輕微者如因季節風浪波向之改變而所承受之季節性變化，較嚴重者如上游面因有大量沙源供給而形成之長期性淤積，或因沙源斷絕而形成之長期侵蝕，長期淤沙將使港口淤塞，造成航運困難，長期侵蝕則使海岸結構物破壞，造成土地流失，此外，在沙灘海岸興建結構物亦可能使地形原已變化不多之海岸或已達穩定之海岸遭遇破壞而重新塑造地形新貌，因此如何控制沙灘地形變化，尤其海岸結構物計劃興建之時，研究如何減少地形變化所產生之災害一直為海岸工程界所極關心之焦點。彰化濱海工業區位於台灣中部彰化縣西海岸，北起線西鄉田尾排水口，南達鹿港，南北長約12公里餘，由於此一地區恰位於台灣西海岸漂沙極為活躍之地帶，若未能有效擬定對策控制，工業區設置後，對日後鄰近地形變化預料將有很大之變化，此外，由於工業區係一海埔新生地，須築海堤防護，根據許多文獻記錄，海堤築成後，將來入射波浪在海堤堤身造成反射形成反射波，入、反射波重疊形成短峰波，此一短峰波沿海堤堤線平行方向運動，將造成堤腳嚴重侵蝕，日久堤基遭受侵蝕而導致堤身崩坍，此係海堤遭受破壞主因之一，因此如何保護堤身安全，除了注意堤腳基礎之保護外，最根本之道在於破壞堤身前短峰波之形成，尤其類似彰濱又長又直之海堤，更須注意防止短峰波之破壞力。

有鑑於不同之海堤堤面坡度對堤腳沖刷深度，將有不同之影響情況，且其建築工程費亦有殊異。因此，國立成功大學台南水工試驗所逐委託港灣技術研究所辦理水工模型試驗，進行海堤面坡與堤腳沖刷深度關係之可行性研究評估。

第二章 試驗目的

海堤堤腳沖刷與海堤所產生之反射波有關，若能減少反射波將可減少堤腳之沖刷，而降低反射最有效之方法莫過於減緩海堤面坡。是故，海堤面坡減緩將有助於堤腳侵蝕之緩和，進而減少日後海堤之維護費，惟海堤面坡減緩將增加海堤斷面因而提高工程費用；反之，海堤面坡增加可以減少建築工程費但卻增加日後之維護費。因此，本試驗研究的目的，即是提供海堤面坡與堤腳刷深關係之試驗結果，進行評估決定一最佳海堤面坡。

第三章 試驗過程

本試驗係於港灣技術研究所第二試驗場棚辦理，有關試驗條件、試驗過程與試驗結果謹詳述如后。

3-1 試驗條件

1. 模型縮尺：

由於本試驗範圍涵蓋整個工業區南北長達18km，同時考慮漂沙現象與其鄰近地形之關係，試驗範圍達24km。基於平面試驗水池場地限制，本試驗採用水平比尺1/500，垂直比尺1/83.3之歪比模型 (distorted model)。

2. 試驗條件：

考慮徐爾茲數(Shields No.) 與波浪尖銳度之相似性，利用下列兩式可獲得模型與實體間波高與週期之比尺：

$$N_h = (N_r^{1/2} N_{d50}^{1/2} N_f^{-1/2} N_v^{2/3})^{3/7} \quad (3-1)$$

$$N_t = (N_r^{1/2} N_{d50}^{1/2} N_f^{-1/2} N_v^{2/3})^{6/7} \quad (3-2)$$

式中 N = 模型參數 / 實體參數

N_f = 摩擦係數比尺依(郭、賴1981)之計算取 $N_f = 10.4$

實體底質中值粒徑為0.24mm，底質浸水比重為1.65。模型試驗用沙底質中值粒徑為0.12mm，底質浸水比重為1.02。潮汐亦為影響漂沙因素之一，而潮汐現象主要之外力為重力，故需滿足重力相似條件，即福祿數 F_r (Froude No.)之比尺為 1：

$$N_{Fr} = \frac{N_u}{(N_g N_h)^{1/2}} = 1 \quad (3-3)$$

式中 U 為潮流之流速， g 為重力加速度，由上式可得之潮汐週期之比尺為

$$N_t = N_u^{1/2} \quad (3-4)$$

經由上列 (3-1) ~ (3-4) 等式之計算，可獲得實體與模型相關之試驗條件如表3-1 所示：

表 3-1 模型比尺與模型物理量

物理量	比尺	實體物理量		模型物理量	
水平長度	1/500	24.0km		48cm	
垂直長度	1/83.3	水深	+3m~-28m	水深	+3.6cm~-33.6cm
		潮位	+2.38m~-2.13m	潮位	+2.86cm~-2.56cm
波高	1/56.53	季節風波浪 NNE	2.60m	季節風波浪 NNE	4.60cm
		颱風波浪 SW	4.50m	颱風波浪 SW	7.96cm
週期	1/7.52	季節風波浪 NNE	7.76sec	季節風波浪 NNE	1.03sec
		颱風波浪 SW	11.20sec	颱風波浪 SW	1.49sec
潮汐週期	1/9.1	12.42hr		1.36hr	
底質浸水比重	1/1.62	1.65		1.02	
底質中值粒徑	1/2	0.24mm		0.12mm	

欲由模型試驗過程瞭解實體之地形變化特性，並經由試驗結果合理預測未來海岸地形變化現象，必須經由漂沙時間比尺之計算方可達到目的。屬於長期性地形變化之漂沙時間比尺如下式所列：

$$N_t = N_h^2 N_v N_r^{1/2} N_{d_{50}}^{-1/2} N_h^{-2} \quad (3-5)$$

至於短期性地形變化之漂沙時間比尺為：

$$N_t = N_v^{1/2} \quad (3-6)$$

3-2 試驗設備

本試驗係於港灣技術研究所之第二試驗場棚中進行，其主要之試驗設備及儀器如下：

1. 試驗水池：長62m，寬51m，深1m。
2. 造波機：本試驗採用丹麥DHI製之油壓推移式造波機，主要動力為二部20HP馬達，經由四台5.5m長之造波機，可製造規則或不規則波。
3. 容量型波高計：包括感應器及增幅器，可準確量測水面起伏變化。
4. 沙面測定儀：沙面變化採用水陸兩用HIT-1250定點式沙面測定儀來量測。
5. 資料處理系統：水面或沙面地形變化經由波高計或沙面測定儀感應後，傳入電腦之AD (Analog-Digital Converter)轉換器轉換成數位訊號，儲存於PC之記憶體內做資料分析處理。
6. 捕沙器：為測定沿岸漂沙量用，其尺寸為長120cm、寬15cm、高6.5cm埋設於垂直海岸線之模型斷面上。
7. 水準儀：為日製PENTAX AL-M2C型，輔助沙面測定儀量測地形變化。
8. 潮汐控制儀：震生機械公司承製，控制潮汐時間與水位變化。

3-3 試驗配置

由於本試驗範圍涵蓋整個工業區南北長達18公里，同時考慮漂沙與其鄰近地形之關係，試驗範圍北至台中火力發電廠，南至鹿港灣口附近長達24公里。為試驗方便，由設計之試驗波高經計算出可能造成之沖刷深度，模型下層先以水泥沙漿鋪設定床，上層再行鋪上20cm之煤灰為實際模型試驗高程，海堤面坡係先以木板訂製不同之坡度，上面再披覆內裝小塊石之尼龍網蛇籠當作實際現場海堤面坡上之消波塊石，有關模型鋪設地形如圖 3-1 所示及照片 3-1 所示。

3-4 試驗項目

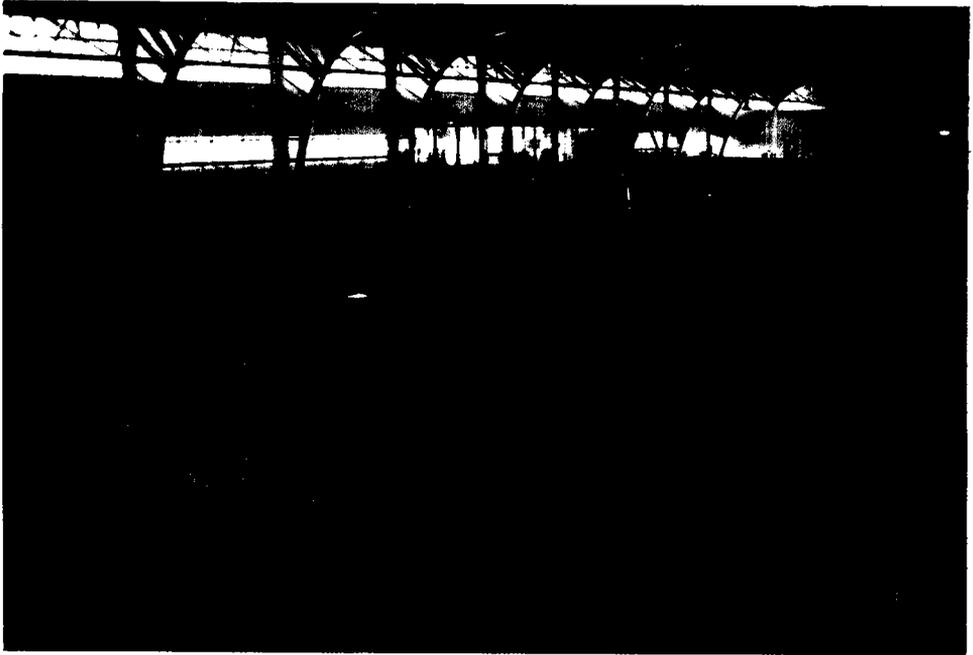
依實際需要情況，颱風與季節風波浪皆辦理海堤面坡 1/2、1/4 與 1/6 三種坡度之試驗研究，根據試驗結果再行選擇堤腳沖刷情況較嚴重者進行面坡1/3、1/5 與1/7 三種坡度之試驗。而依據試驗結果，試驗項目如下表 3-2 所示。

表 3-2 試驗項目表

面波類別 波浪類別	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
颱風波浪	✓	✓	✓	✓	✓	✓
季節風波浪	✓		✓		✓	

3-5 試驗步驟

- (1) 於模型鋪設前先行檢驗波高與週期，由於造波時間長，波浪經地形與結構物反射結果，入射波高可能受影響而改變，因此於試驗中每隔半小時取其 5 分鐘造波資料分析，以 $H_{1/3}$ 及 $T_{1/3}$ 調整修正入射波高與週期。
- (2) 於模型鋪設完畢後，先行造波 5 分鐘讓地形勻稱，再量測地形變化視為造波前之初期地形，爾後再依季節風波浪或颱風波浪造波，並於各時段中量測地形變化情況。
- (3) 季節風波浪累積造波時間為 15 小時，並於第三、六、十、十五小時實施地形量測。
- (4) 颱風波浪累積造波時間為六小時，並於第一、三、六小時實施地形量測。
- (5) 試驗過程中，依潮汐週期控制水位變化，且每隔半小時加煤灰約 10 kg，視為沿岸輸沙補給量。
- (6) 每當改變入射波條件或變換堤面坡度時，即恢復原初期試驗地形，並重覆 2~5 之步驟試驗。



照片 3-1 海堤面坡與堤腳沖刷深度關係試驗模型



照片 4-1 颱風波浪時沙洲形成位置

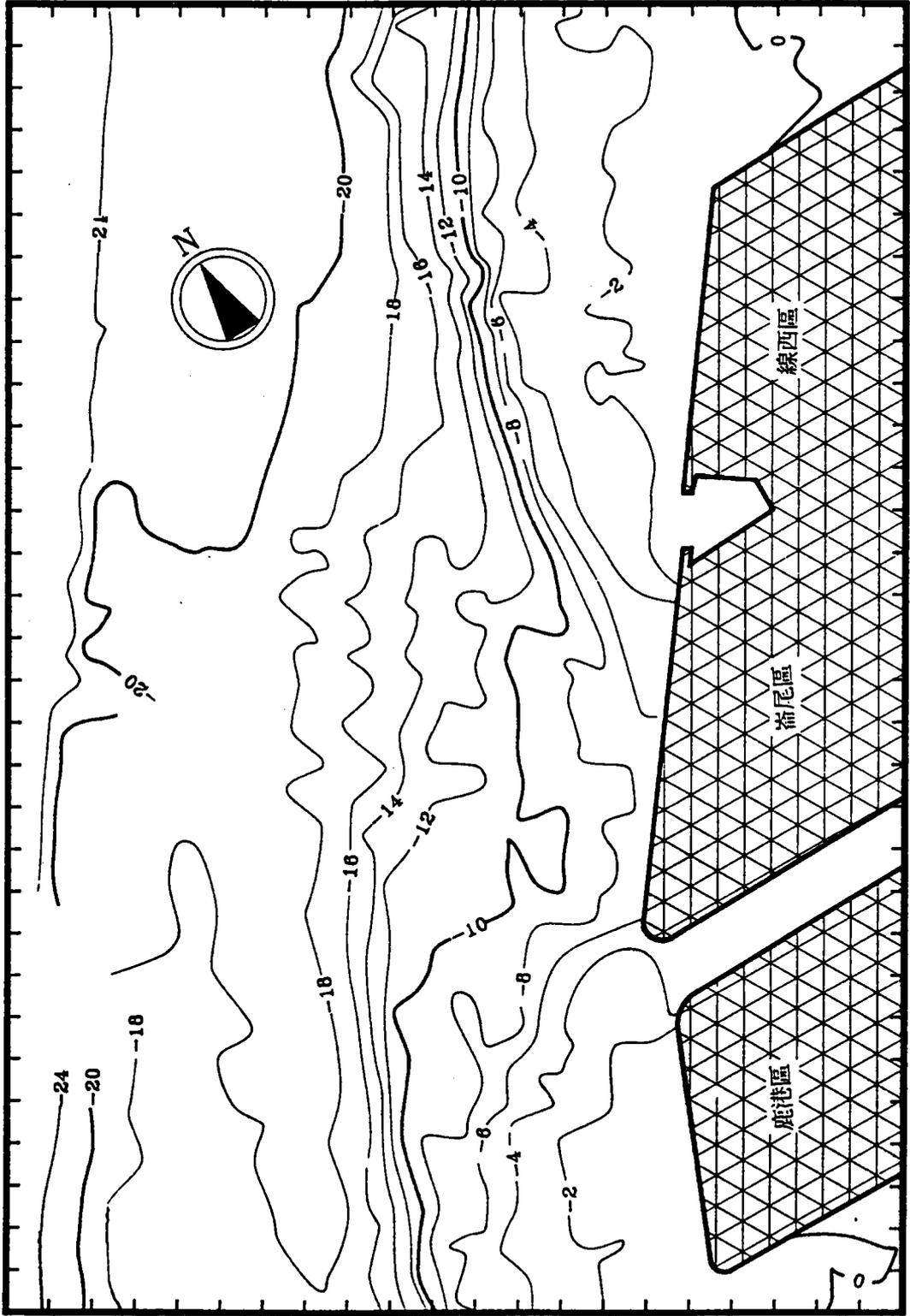


圖 3-1 模型試驗地形示意圖

第四章 試驗結果與討論

雖然本試驗範圍涵蓋寬廣，但試驗目的主要在於研究探討波浪作用下堤腳沖刷之情況，因此，量測範圍大約在離堤面六個波長範圍內其量測範圍與位置如圖 4-1 所示，圖中黑線範圍即為量測範圍，沿堤面每 0.5m 設一測點，數字表示即為測點位置，而堤外範圍每隔 1.0m 即有一測點，其中有 "×" 記號之數字者，表示係離堤面最近之測點位置，其量測地形變化可與堤腳地形變化作一比較。

為明確敘述試驗結果起見，謹依堤腳沖刷情況與整個量測範圍地形變化情況分別詳述如后：

4-1 堤腳沖刷關係

1. 季節風波浪時，各種堤面坡度之試驗結果

在補給沿岸漂沙之情況，季節風波浪作用下，海堤面坡為 1/2、1/4 與 1/6 之各種時段，海堤堤腳沖刷變化情況如圖 4-2 ~ 圖 4-4 所示。圖中橫座標即為圖 4-1 中沿海堤之測點，縱座標為試驗時各測點堤腳沖刷程度，單位為公分，若乘以垂直比尺 83:1 倍才是現場實體之高程。圖內符號 S 表示季節風波浪，1:2 係堤面坡度 3hours 表示造波 3 小時後量測之地形變化。圖中各測點之初期地形皆視為零值，縱座標數值為正者表示波浪作用後，該點地形為堆積型，反之為負者，則表示為侵蝕型。

由各圖中試驗結果顯示，季節風波浪作用下，堤腳沖刷變化情況穩定。堤面坡度 1/2 時，除鹿港、崙尾兩區南側部份堤腳有淤積現象外，其餘大部份皆屬沖刷地形，沖刷深度較嚴重者約 2.7cm 左

右 (即現場實體約2.2m) ; 堤面坡度1/4 時, 鹿港與線西區大都為淤積型, 堤腳沖刷主要發生於崙尾區, 其刷深情況較大者約2.0cm 左右(現場約1.8m); 堤面坡度1/6 時, 鹿港與崙尾兩區堤腳地形亦穩定變化, 其中刷深較嚴重者亦約2.0cm 左右 (現場約1.8m) , 但線西區於造波15小時後卻發生異常堤腳沖刷行為, 值得加以注意。

圖 4-5 ~圖 4-8 為季節風波浪各時段造波後, 不同堤面坡度堤腳沖刷深度之比較。由試驗結果顯示, 除崙尾區外, 堤面坡度 1/2的沖刷情況比另兩種坡度較為嚴重; 而堤面坡度1/4 與1/6 兩者, 於鹿港區與崙尾區則無甚區別, 但於線西區坡度1/4 者, 則有明顯沖刷情況較為嚴重。

由於短峰波之影響, 堤腳地形會形成局部淤積與局部沖刷現象, 綜合上述試驗結果, 堤面坡度1/2 之堤腳沖刷情況較1/4 與 1/6 兩者嚴重, 其刷深深度約2.7cm(現場2.2m) ; 鹿港與崙尾兩區之堤腳沖刷情況, 堤面坡度1/4 者稍較堤面坡度1/6 嚴重, 其刷深深度約2.0cm(現場1.8m), 但於線西區之試驗結果, 兩者剛好相反。

2. 颱風波浪時, 各種堤面坡度之試驗結果

颱風波浪作用下, 海堤面坡為1/2 、1/4 、1/6 之各種時段堤腳沖刷變化情況如圖 4-9 ~圖 4-11 所示, 圖中T 表示颱風波浪, 其他符號者與前所述相同。由於颱風波浪波高、週期較大, 波浪作用劇烈, 且碎波線在鹿港區較在他二區逼進海堤面, 沿岸流較強等影響因素作用下, 堤腳地形變化較為複雜且劇烈。

由各圖中之試驗結果顯示, 堤面坡度1/2 時, 由於波浪反射作用較大, 堤腳侵蝕範圍較廣且侵蝕深度較大, 於鹿港、崙尾兩區中侵蝕深度較嚴重者約 3.7cm (現場3.0m) , 而線西區侵蝕深度則有 4.5cm(現場3.7m) 之多; 堤面坡度1/4 時, 由於坡面較緩, 波浪反射作用較緩和, 堤腳沖刷變化亦較小, 於鹿港區中堤腳沖刷深度較嚴重者約2.6cm(現場2.1m), 崙尾區中為3.4cm(現場2.8m), 而線西區則為2.3cm(現場1.9m); 堤面坡度1/6時, 堤腳沖刷變化情況

更形緩和，於鹿港區中除其南、北側海堤轉彎處，堤腳沖刷較嚴重外，其深度約3.5cm(現場2.9m)，其餘大部份為淤積型者，而崙尾區中堤腳沖刷較嚴重者約2.4cm(現場2.0m)，線西區則為2.8cm(現場2.3m)。

綜括上述試驗結果，颱風波浪作用下，堤腳地形變化大都屬於沖刷型者，而其沖刷掉之底層煤灰則被帶至外海處形成一沙洲 (sand bar) 型式，有關此部份之試驗結果將於下列小節中論述。其試驗結果顯然比季節風波浪作用者較為嚴重，下列將討論此兩者之比較。

3. 颱風與季節風波浪及各種堤面試驗結果之比較

根據前小節颱風與季節風波浪作用下，各堤腳沖刷變化情況，依各種海堤面坡度重新整理作一較明確之比較，其結果如圖 4-12 ~圖 4-14 所示。堤腳沖刷深度關係並非波高與週期較大之颱風波浪其刷深程度即較大，而需視波浪反射情況，碎波線位置，沿岸、離岸流況等因素決定，此可由各圖之試驗結果得知。各種堤面坡度中皆有局部區域之季節風波浪作用時，其堤腳刷深較大，但若依堤腳刷深深度之嚴重性而言，則仍為颱風波浪作用時之試驗結果。若依實際情況而言，季節風作用時間長，海堤堤腳地形變化緩慢，若有侵蝕情形危害堤基時，工程補救上較為便利，反之，颱風時間僅區區二、三天，補救工作困難。因此，依上述所言，吾人僅以颱風波浪作用其他海堤面坡1/3、1/5與1/7之試驗。

4. 颱風波浪時，堤面坡度1/3、1/5與1/7之試驗結果

圖 4-15 ~圖 4-17 為颱風波浪時，堤面坡度各為 1/3、1/5 與1/7，其堤沖刷深度之試驗結果，由各圖中可得知，坡度愈平緩者，由於波浪反射關係，其產生堤腳淤積區域也愈多。至於沖刷情況，堤面坡度為1/3時，其全區較嚴重者皆約2.7cm(現場 2.2m)；堤面坡度為1/5時，於鹿港區南側海堤轉彎處其沖刷深度較嚴重者約3.6cm(現場2.9m)，崙尾區較嚴重者約2.7cm(現場2.2m)，線西區則為3.4cm(現場2.8m)；堤面坡度為1/7時，鹿港區較嚴重者亦

發生於南側海堤轉彎處約3.3cm(現場2.7m) ，崙尾區則為3.0cm(現場2.5m) ，線西區則為2.1cm(現場1.7m) 。

比較颱風波浪各時段，不同堤面坡度堤腳沖刷深度關係，如圖4-18 ~圖4-20 所示。由各圖中之試驗結果得知，造波初期各種堤面堤腳刷深程度互有不同並無明顯區分，及至最後造波時段，較清楚顯示，堤面坡度1/2 者有較嚴重之堤腳沖刷情況，而其他面坡則仍無明顯區別，此一結果與季節風波浪者相類似。

4-2 地形變化關係

有關各種堤面坡度與堤腳沖刷深度關係，已於前節中詳述明瞭，於此，再詳述整個工業區海堤外海地形變化關係，俾期更能了解堤腳沖刷之變化情況。有關地形變化量測範圍如圖4-1 所示。

當波浪斜向入射遭遇結構物反射而形成一短峰波時，其於結構物前構築而成之一菱形形狀對海底地形造成最嚴重之沖淤情況，依序再往外海地區遞減。圖4-21 ~圖4-23 為圖4-1 中海堤前有"×"符號位置之地形量測值，橫座標即表示圖4-1 中號碼之相對位置，其他符號者一如前面所述。如各圖中之試驗結果所示，季節風波浪作用時，由於測點稍遠離海堤，因此，除海堤轉彎處地形變化較大外，其餘高程變化尚屬平緩，其與圖4-2 ~圖4-4 之各堤面坡度堤腳沖刷關係作一比較，大致可發現，除堤面坡度1/2因其波浪作用較大，堤腳沖刷較大，致使其對應較凌亂外，堤面坡度1/4 與1/6 者，其對應情況尚屬良好。圖4-24 ~圖4-29 為颱風波浪時，各堤面坡度堤外地形變化之試驗結果，將之與圖4-9 ~圖4-11 與圖4-15 ~圖4-17 作一比較，其結果亦顯示，除堤面坡度1/2 者外，其餘坡度之對應尚稱良好。

圖 4-30 ~圖 4-35 為季節風波浪作用下，各堤面坡度造波六小時與十五小時後全工業區外海之地形變化情況，圖中橫座標與縱座標標示地形相對位置，其間隔距離為 500公尺，圖內地形變化以等高線表示，其值為各時段造波後與初期地形之差值，單位為公尺，正者表示地形淤積，反之，負者表示地形侵蝕。由於本試驗主要目的在於研究探討堤腳沖刷深度之關係，因此，此部份之試驗結果僅配合前述圖表之結果，不必再贅述。同理，圖 4-36 ~圖 4-47 則為颱風波浪作用下，各堤面坡度造波 3小時與 6小時後之地形變化情況。

根據波浪理論，當颱風來襲時，波浪將淘挖岸邊地形，而後於外海處形成一沙洲(sand bar)，在本試驗中，各種堤面坡度於颱風波浪作用下，亦於崙尾區外海形成一沙洲，各種面坡其沙洲位置差別不大，照片 4-1 與圖 4-48 即為其一典型示意圖，沙洲位置約略與崙尾區海堤平行，離堤岸約3km ~4.5km 之間，頭尾寬度約為250 公尺~ 500公尺左右，此沙洲來源應是鹿港區前方與崙尾區南側前方海域漂沙所供應者。

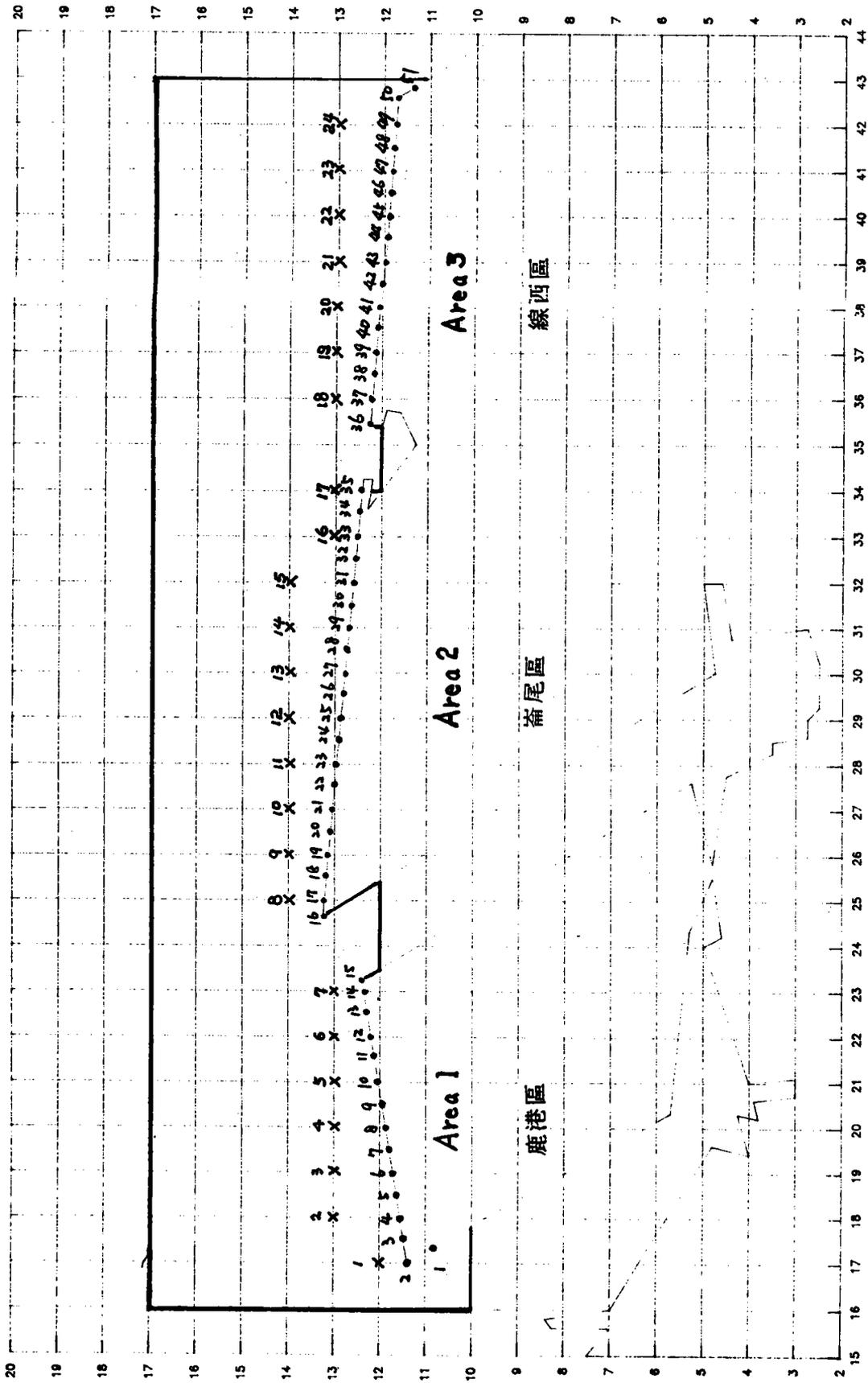


圖 4-1 量測範圍與量測位置示意圖

CASE NAME : S 1:2

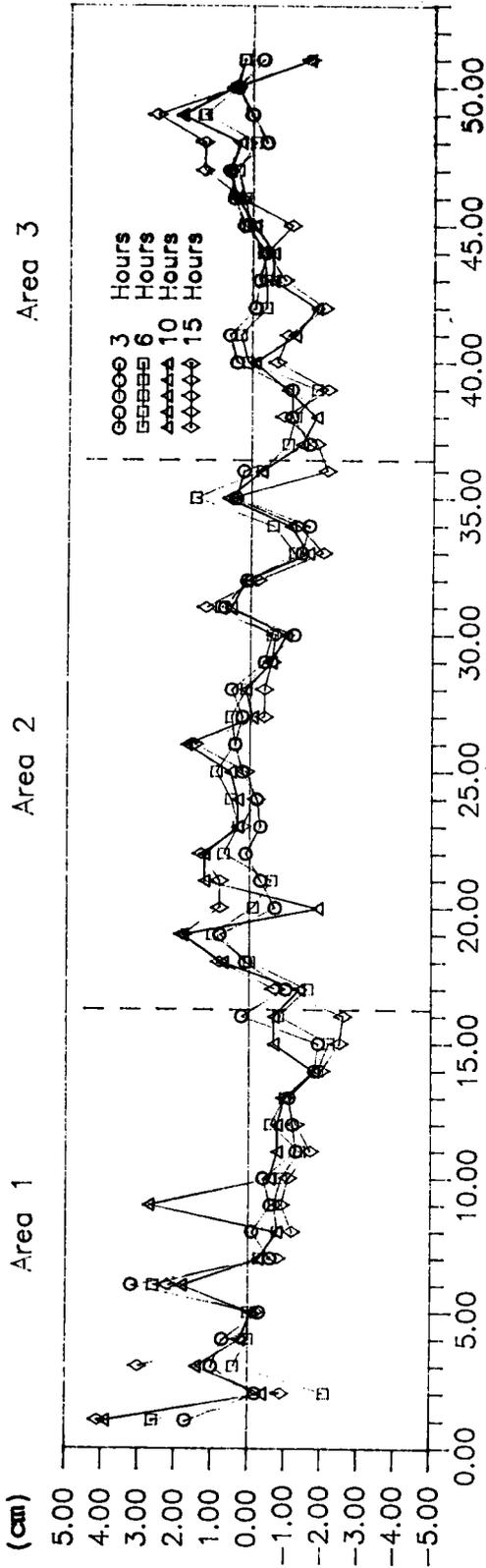


圖 4-2 堤面坡度1/2時，季節風波浪各時段之堤腳沖刷深度

CASE NAME : S 1:4

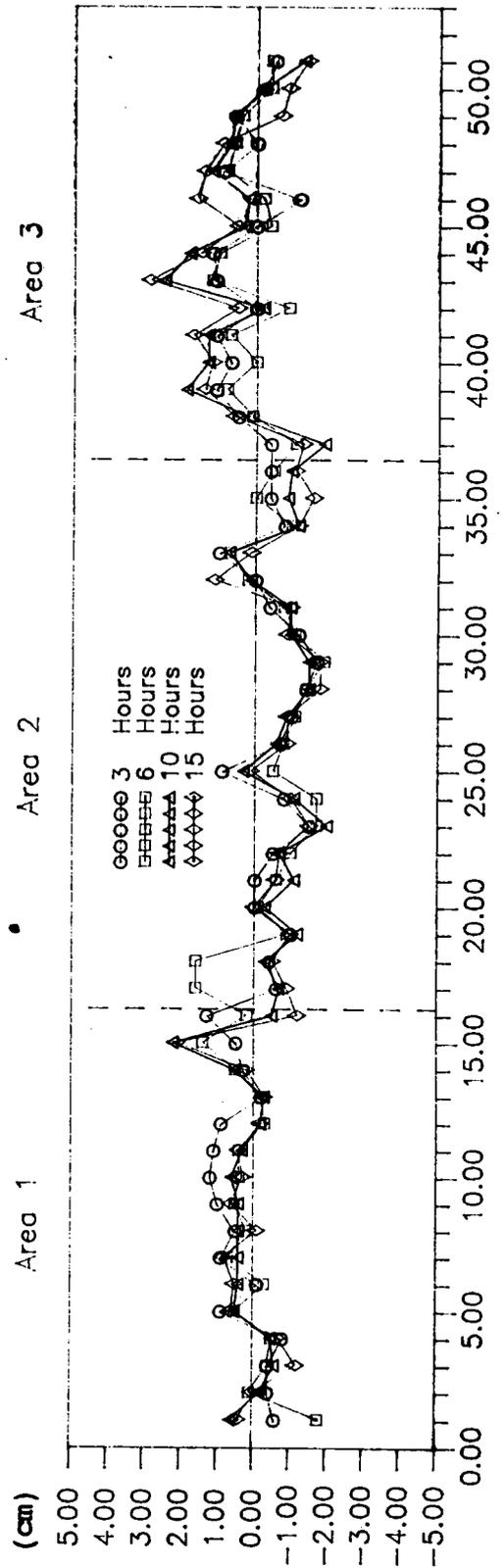


圖 4-3 堤面坡度1/4時，季節風波浪各時段之堤腳沖刷深度

CASE NAME : S 1:6

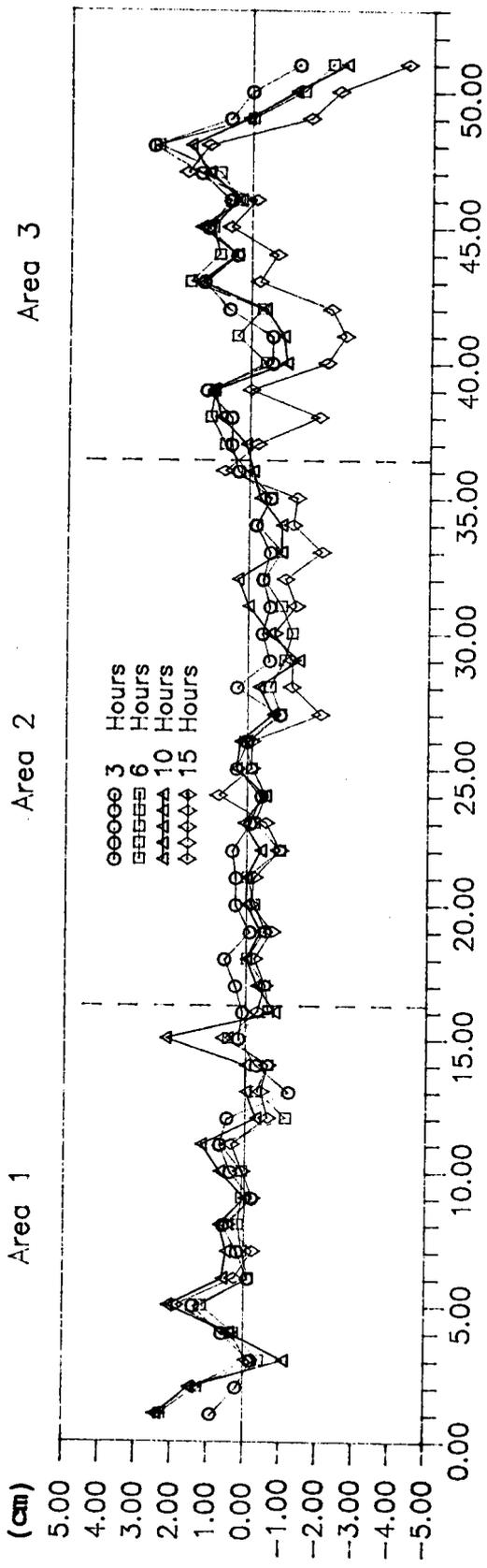


圖 4-4 堤面坡度 1/6 時，季節風波浪各時段之堤腳沖刷深度

CASE NAME : S 3 Hours

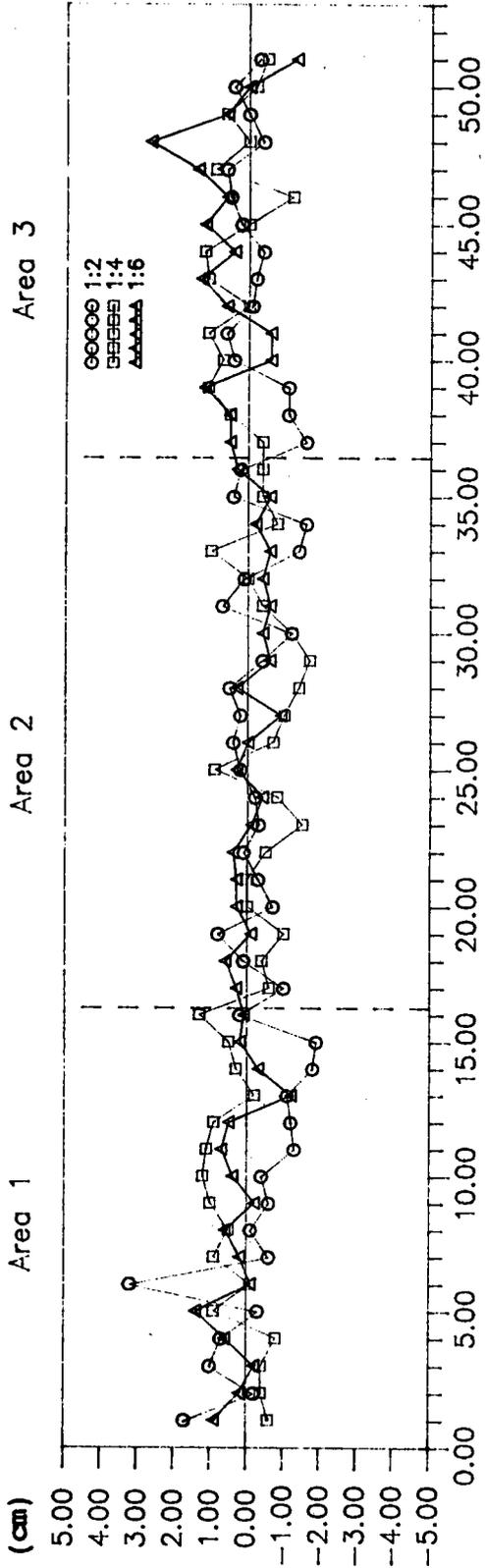


圖 4-5 季節風波浪造波3小時後，堤腳沖刷深度之比較

CASE NAME : S 6 Hours

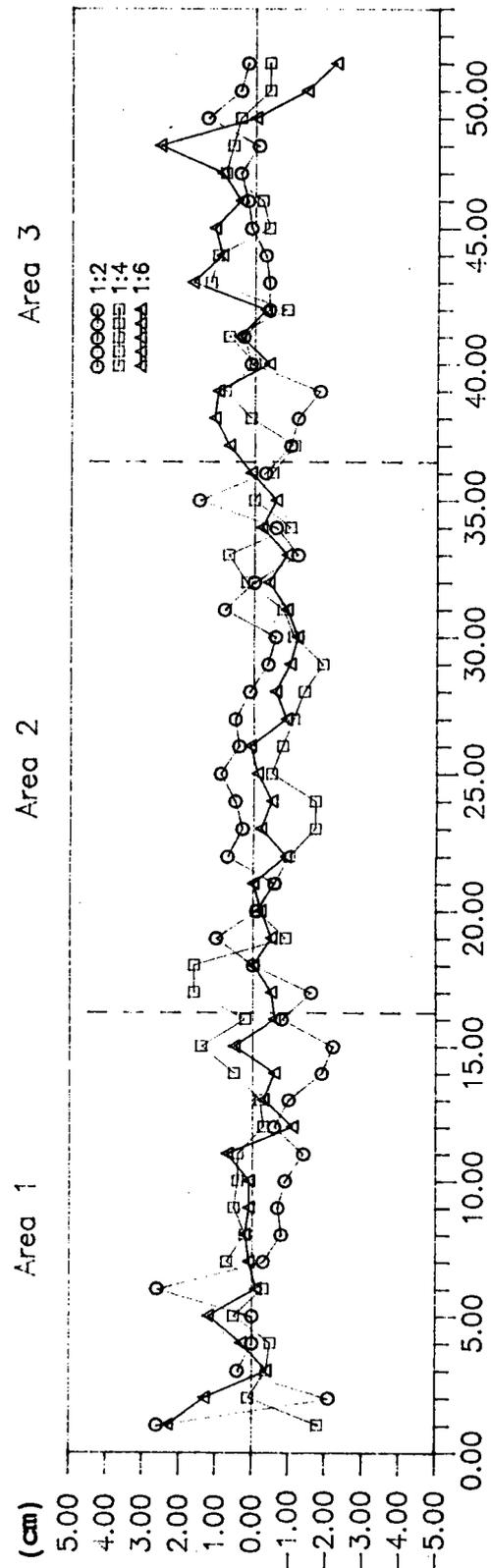


圖 4-6 季節風波浪造波6小時後，堤腳沖刷深度之比較

CASE NAME : S 10 Hours

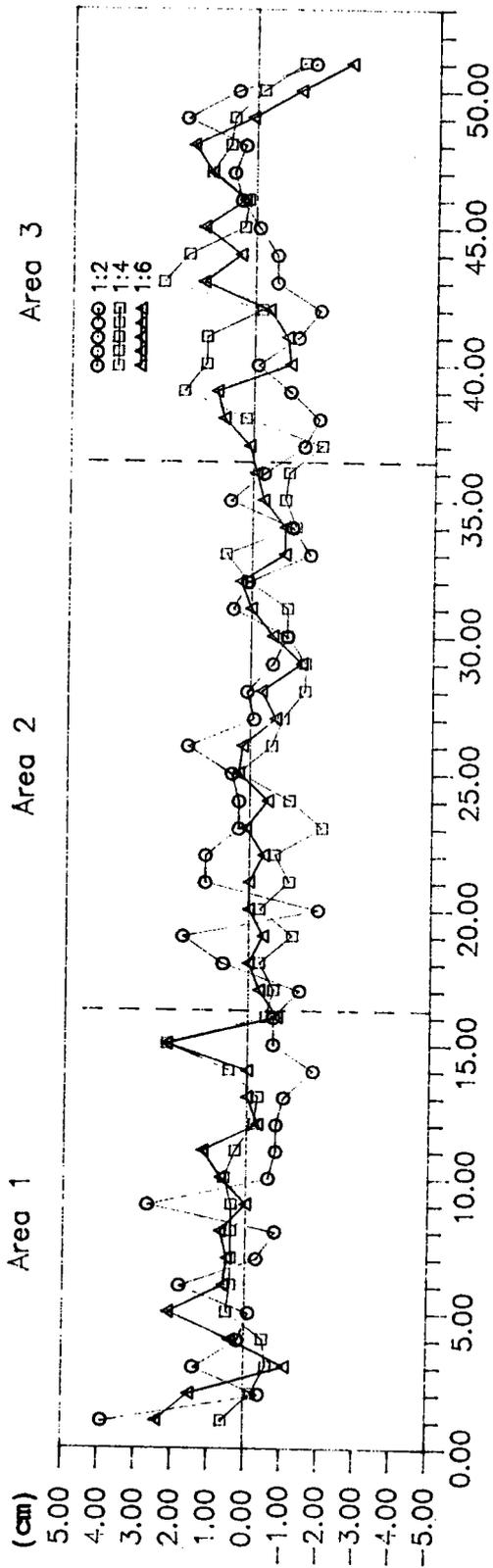


圖 4-7 季節風波浪造波10小時後，堤腳沖刷深度之比較

CASE NAME : S 15 Hours

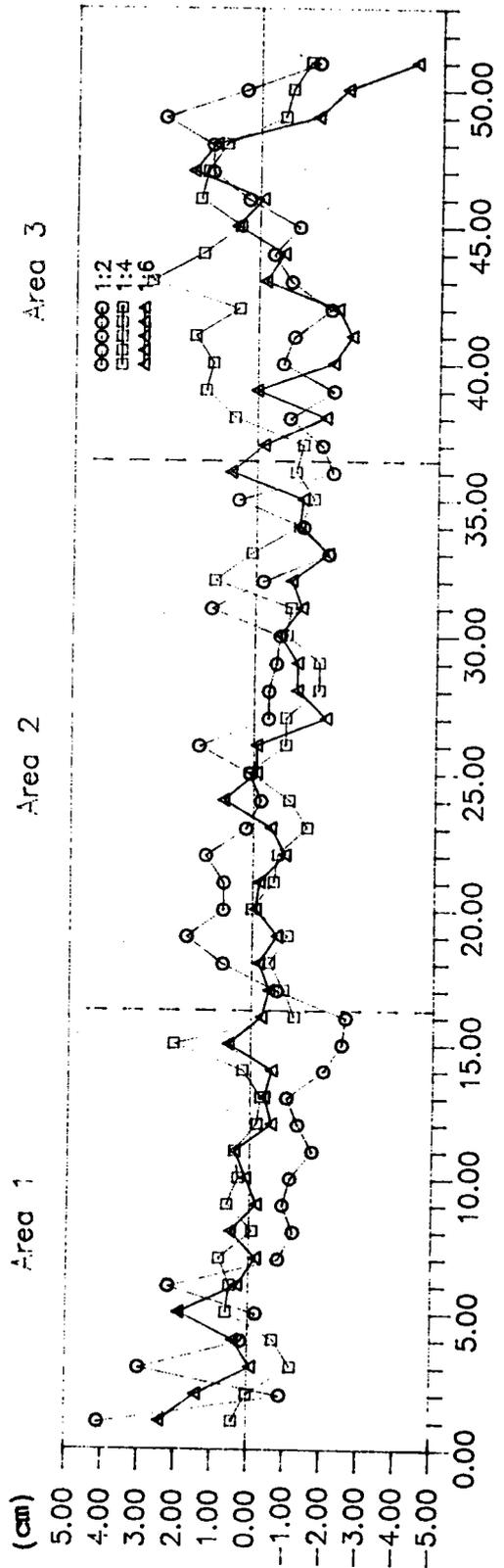


圖 4-8 季節風波浪造波15小時後，堤腳沖刷深度之比較

CASE NAME : T 1:2

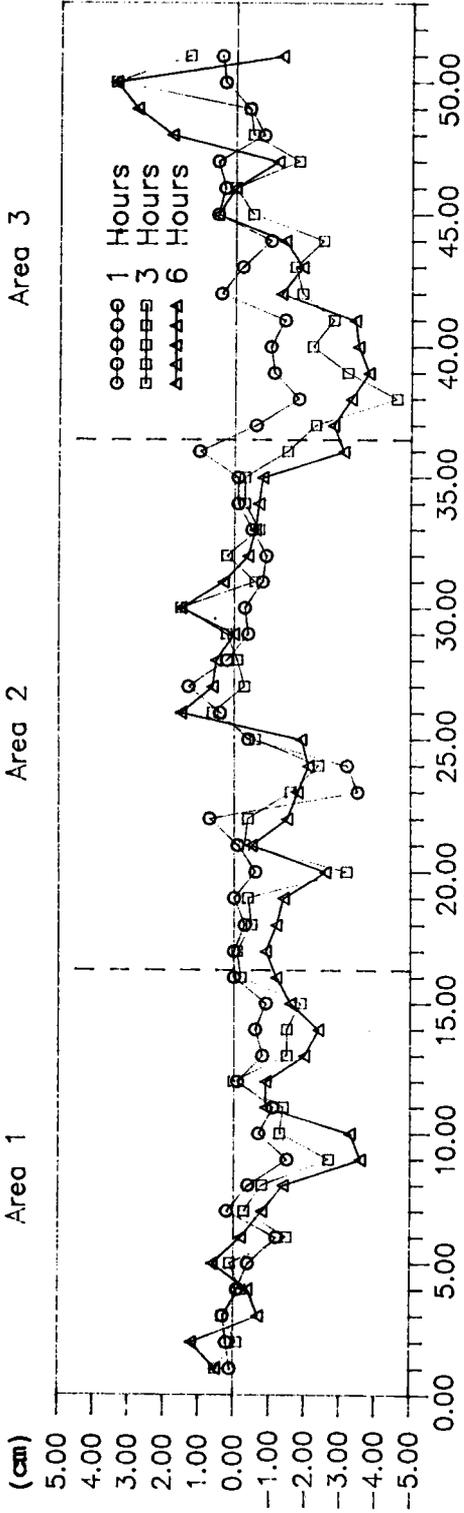


圖 4-9 堤面坡度 1/2 時，颱風波浪各時段之堤腳冲刷深度

CASE NAME : T 1:4

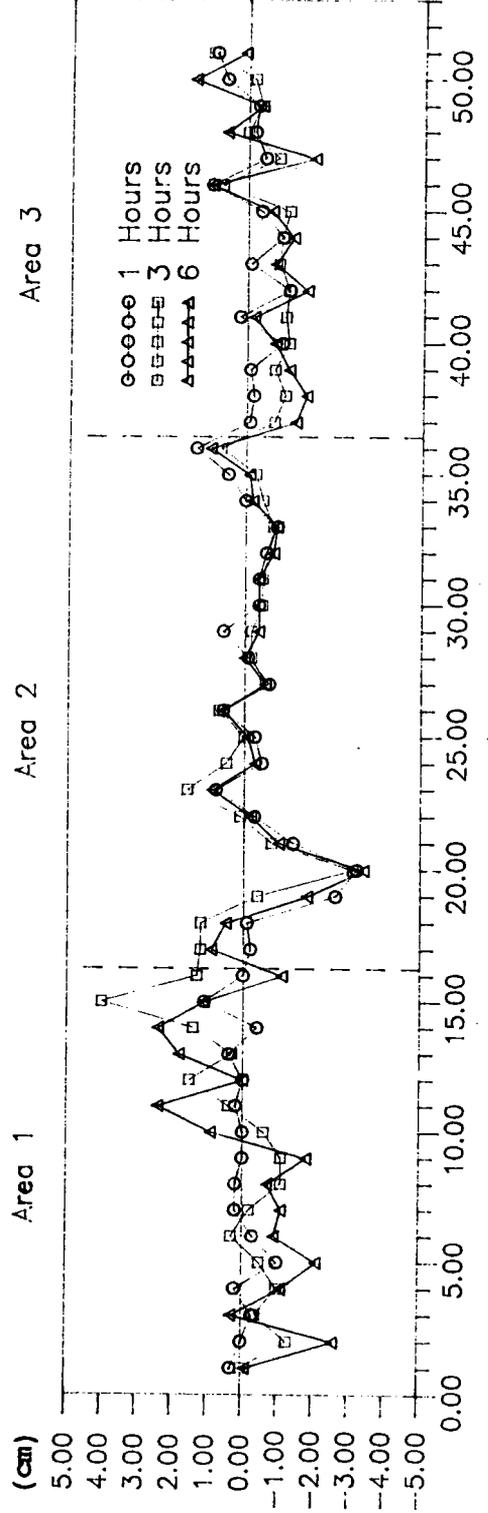


圖 4-10 堤面坡度 1/4 時，颱風波浪各時段之堤腳冲刷深度

CASE NAME : T 1:6

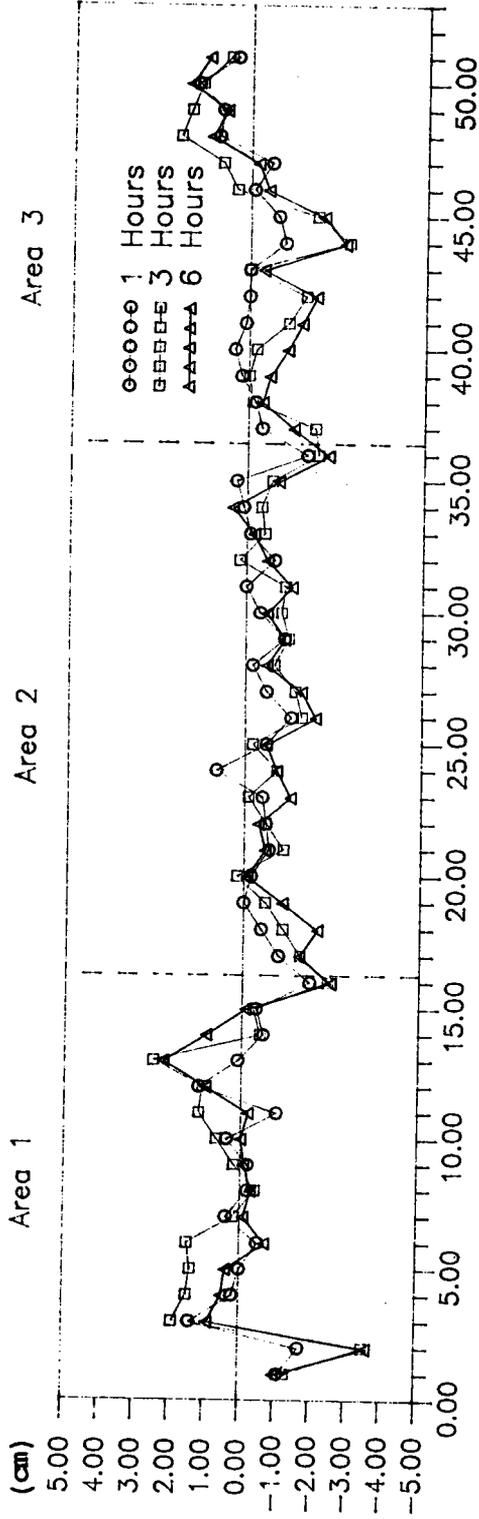


圖 4-11 堤面坡度 1/6 時，颱風波浪各時段之堤腳冲刷深度

CASE NAME : T-S 1:2

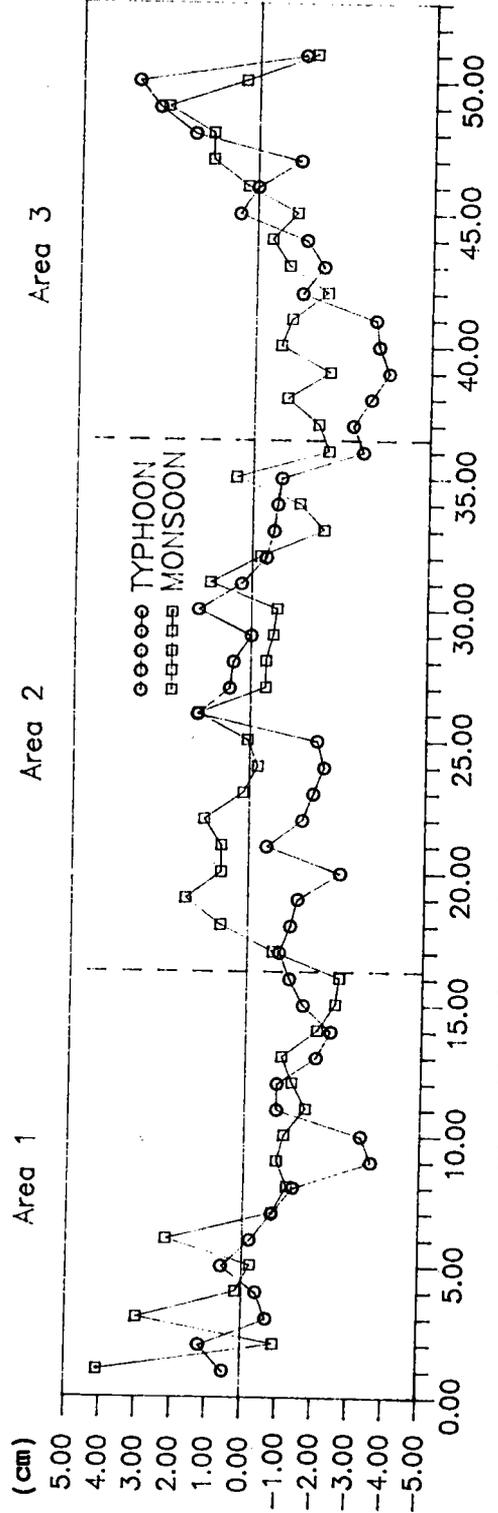


圖 4-12 堤面坡度 1/2 時，颱風與季節風波浪堤腳冲刷深度之比較

CASE NAME : T-S 1:4

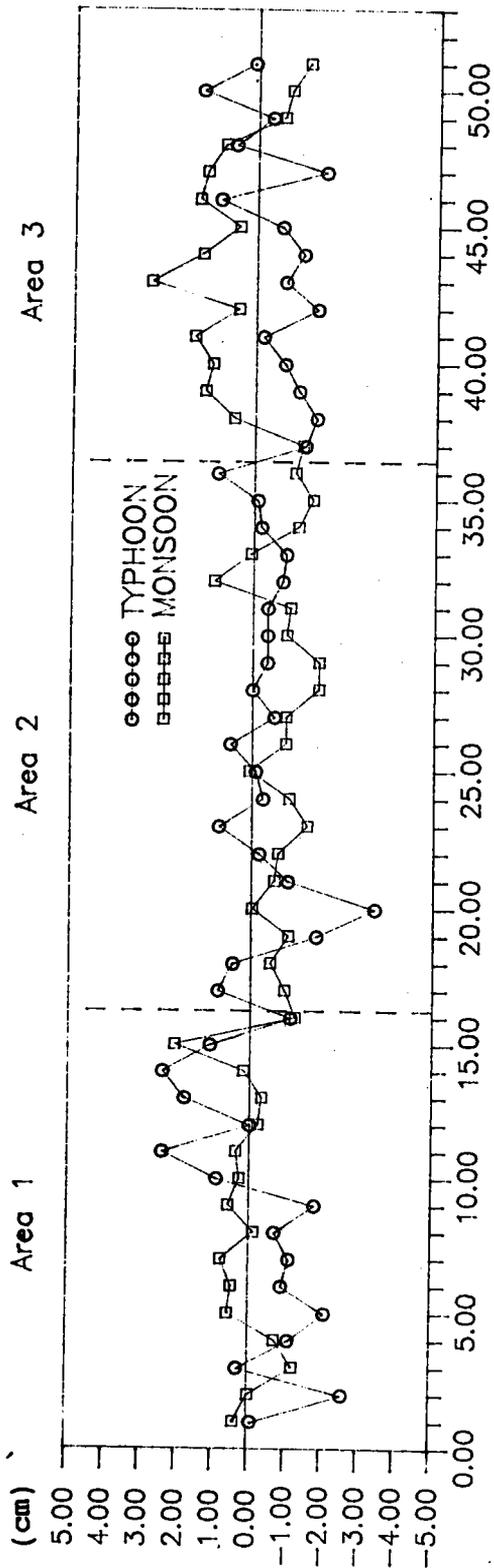


圖 4-13 堤面坡度 1/4 時，颱風與季節風波浪堤腳沖刷深度之比較

CASE NAME : T-S 1:6

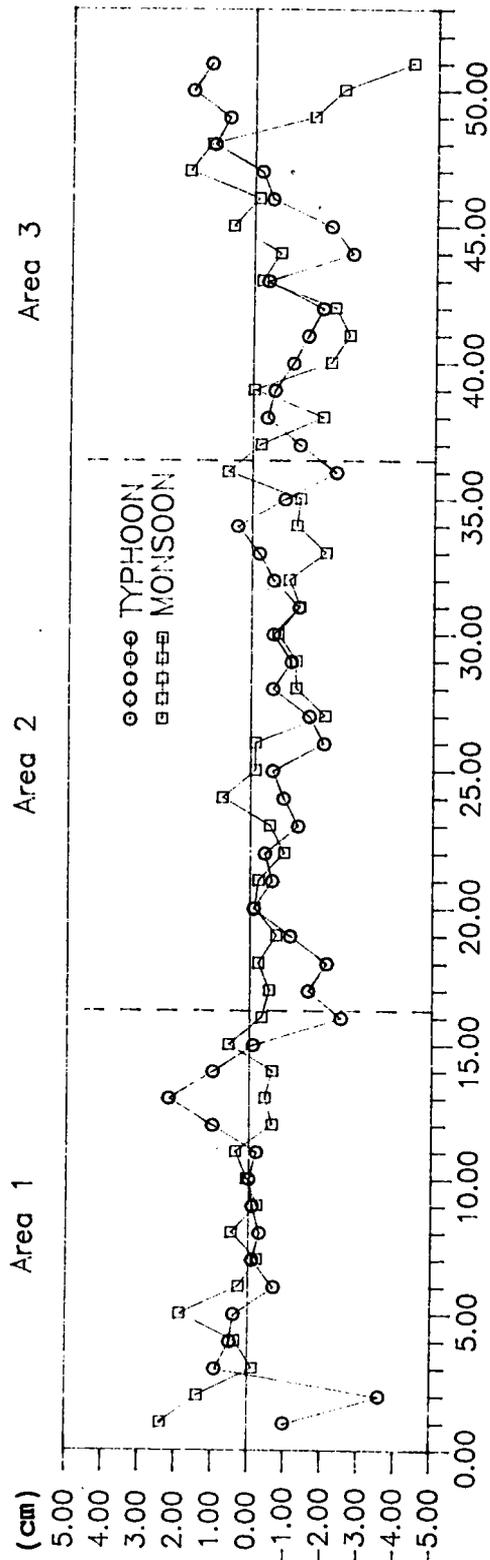


圖 4-14 堤面坡度 1/6 時，颱風與季節風波浪堤腳沖刷深度之比較

CASE NAME : T 1:3

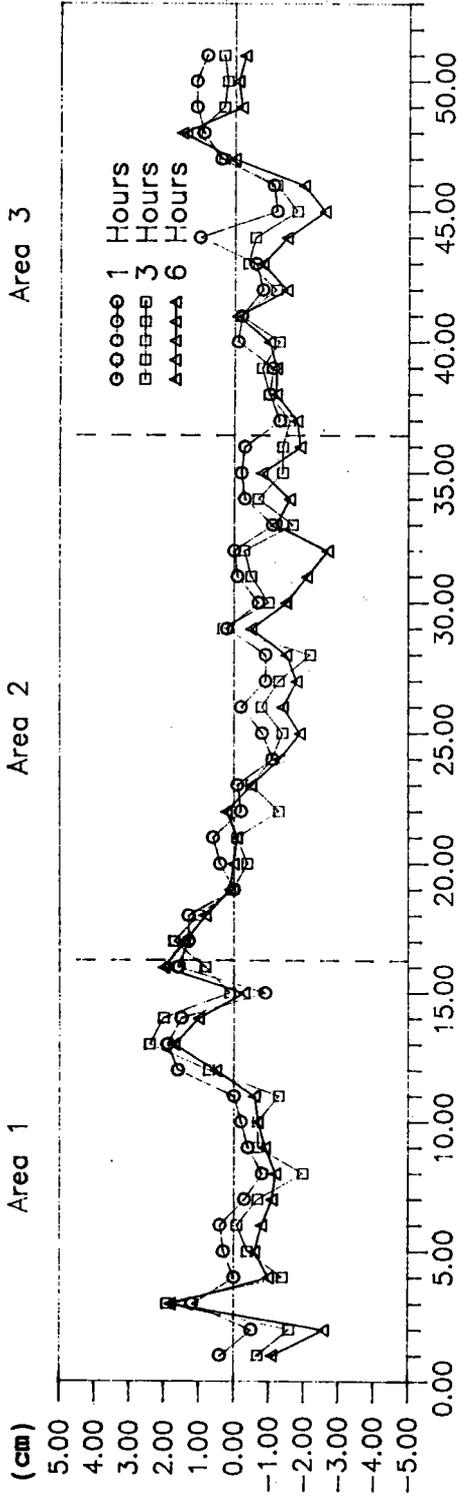


圖 4-15 堤面坡度 1/3 時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度

CASE NAME : T 1:5

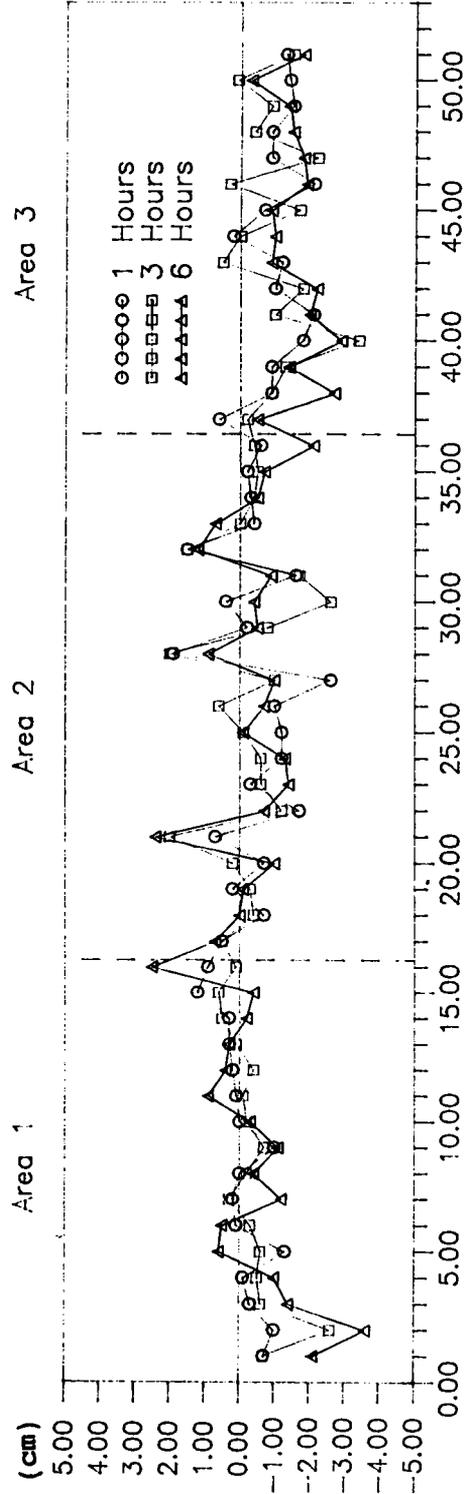


圖 4-16 堤面坡度 1/5 時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度

CASE NAME : T 1:7

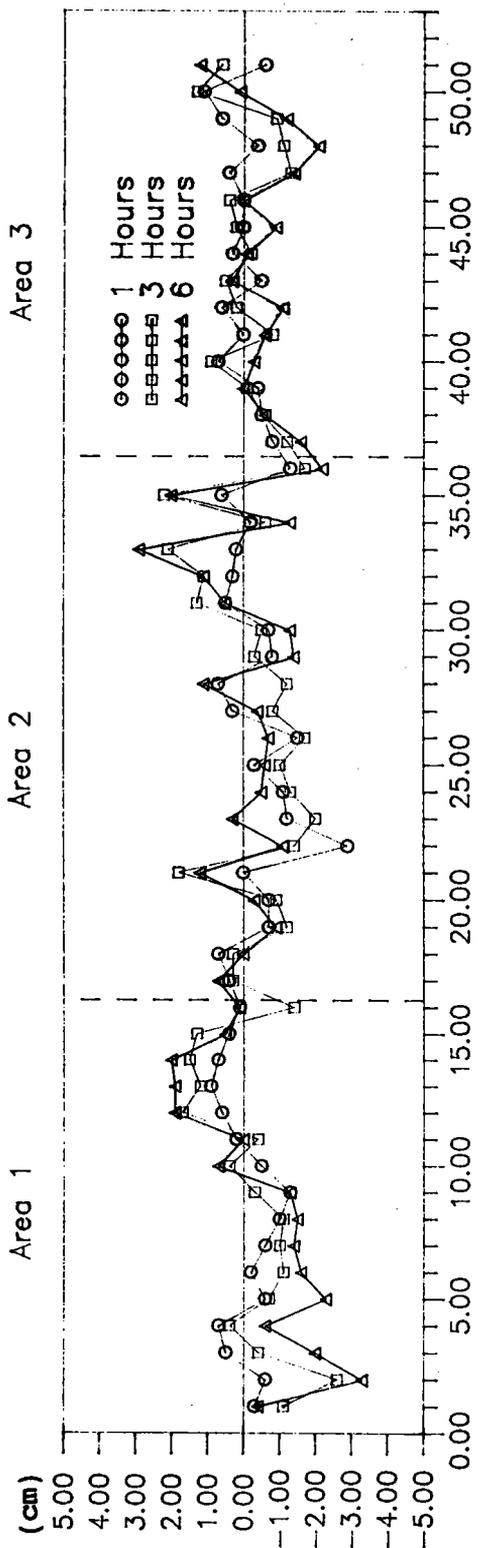


圖 4-17 堤面坡度 1/7 時，颱風波浪各時段之堤腳沖刷深度

CASE NAME : T 1:17

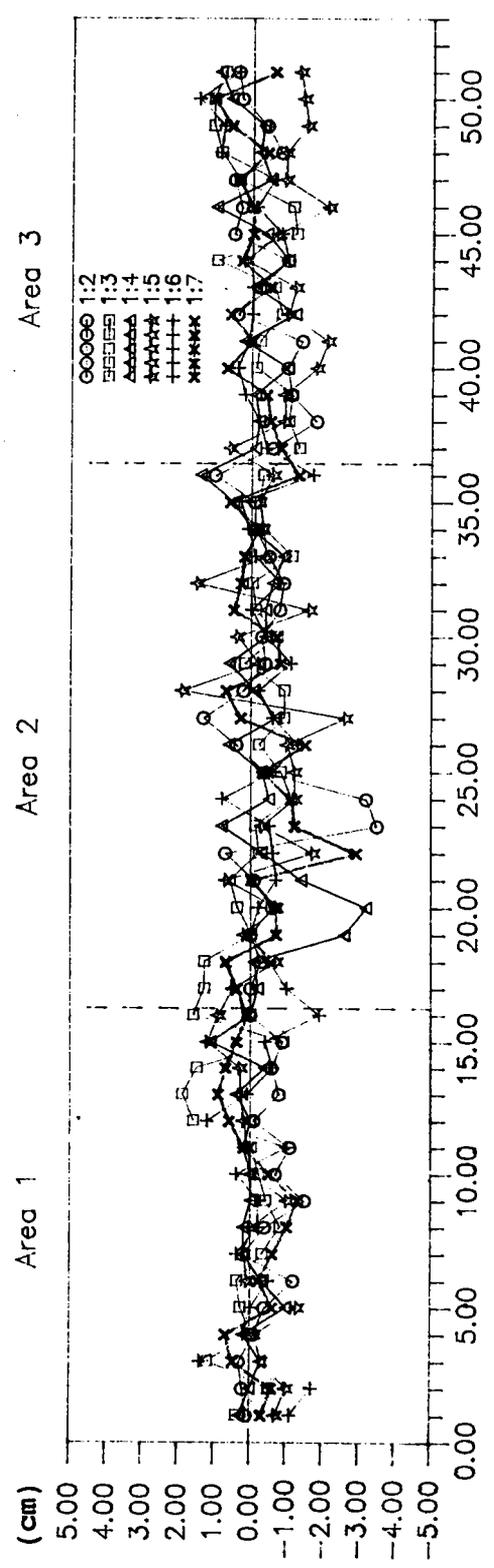


圖 4-18 颱風波浪造波 1.1 小時後，堤腳沖刷深度之比較

CASE NAME : T 3 Hours

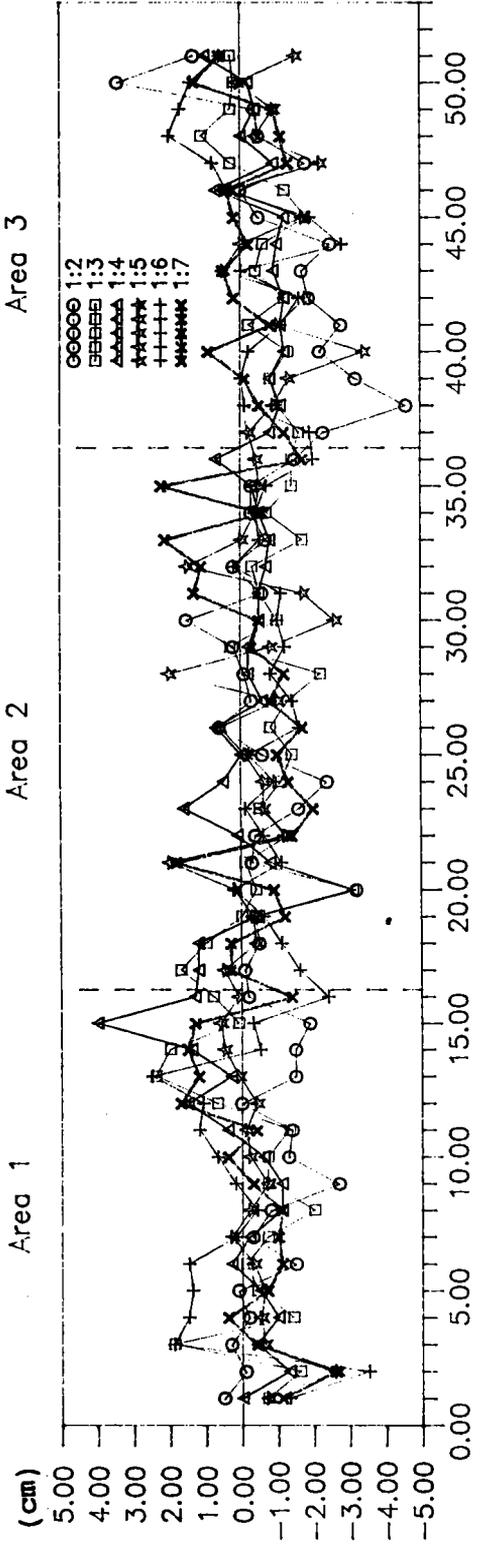


圖 4-19 颱風波浪造波3小時後，堤腳冲刷深度之比較

CASE NAME : T 6 Hours

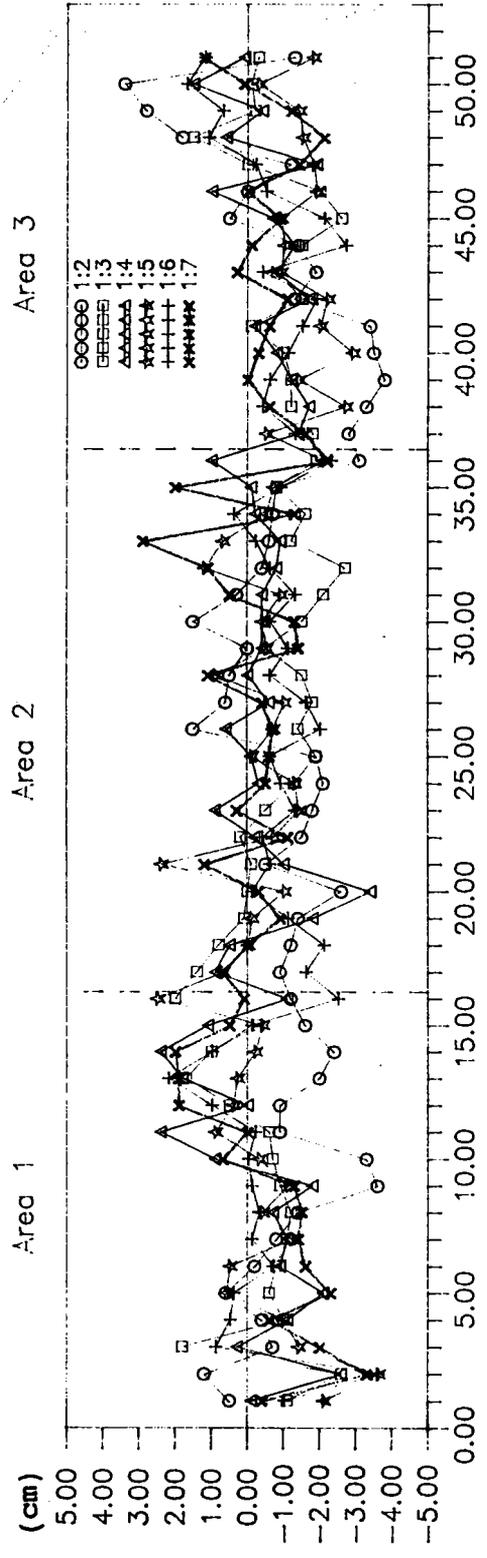


圖 4-20 颱風波浪造波6小時後，堤腳冲刷深度之比較

CASE NAME : S 1:2

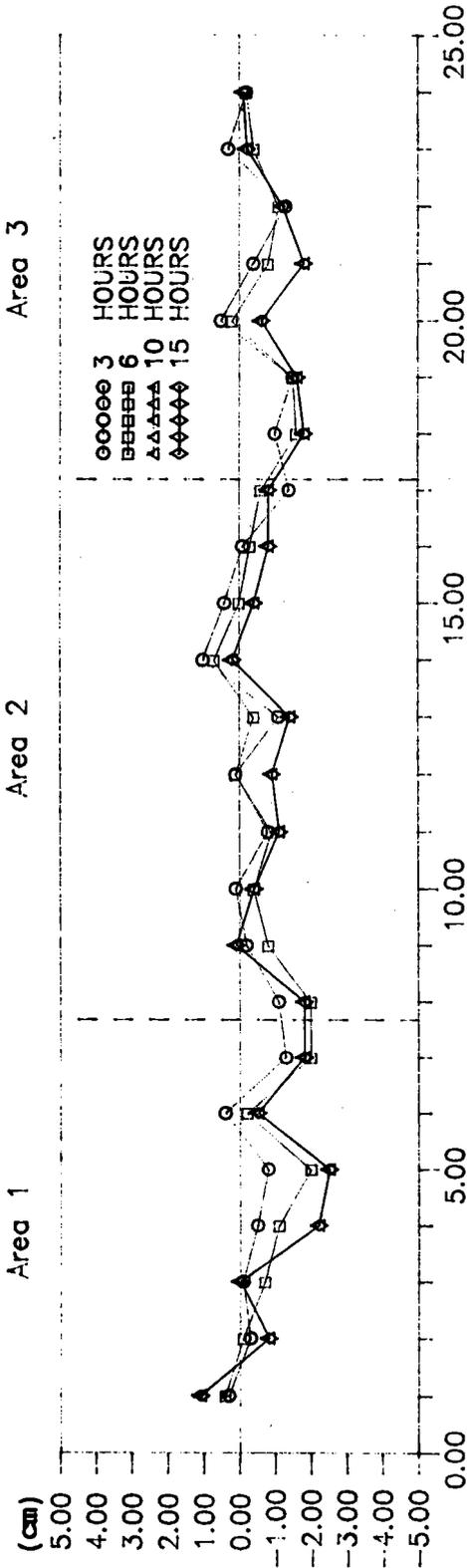


圖 4-21 堤面坡度 1/2 時，季節風波浪海堤外地形變化關係

CASE NAME : S 1:4

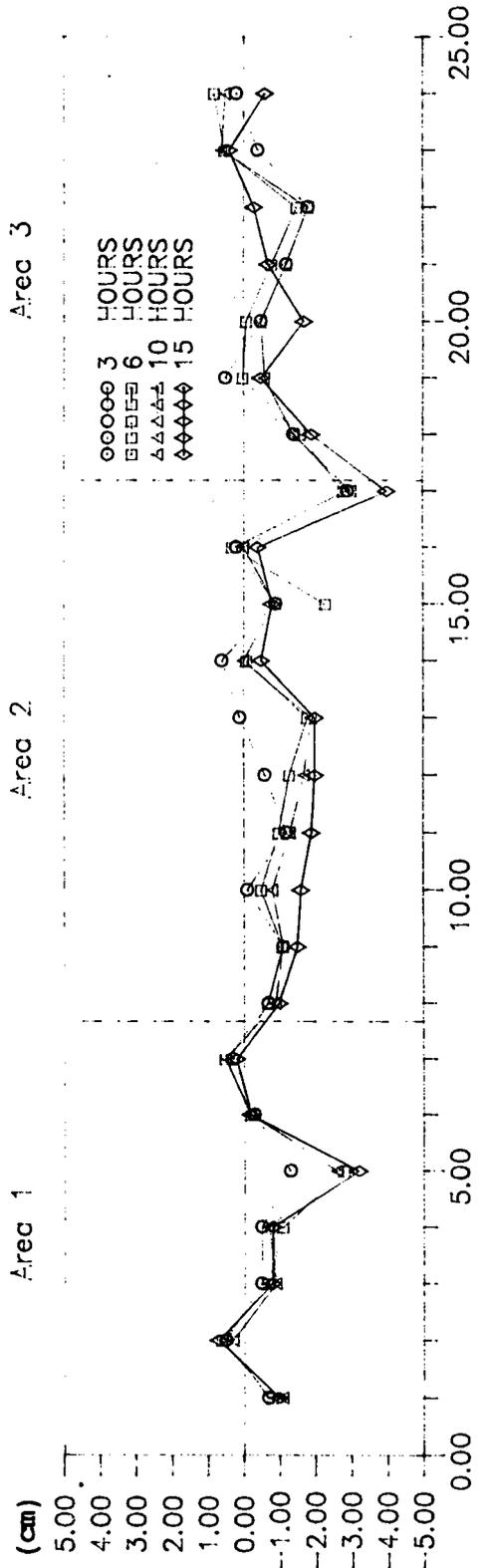


圖 4-22 堤面坡度 1/4 時，季節風波浪海堤外地形變化關係

CASE NAME : S 1:6

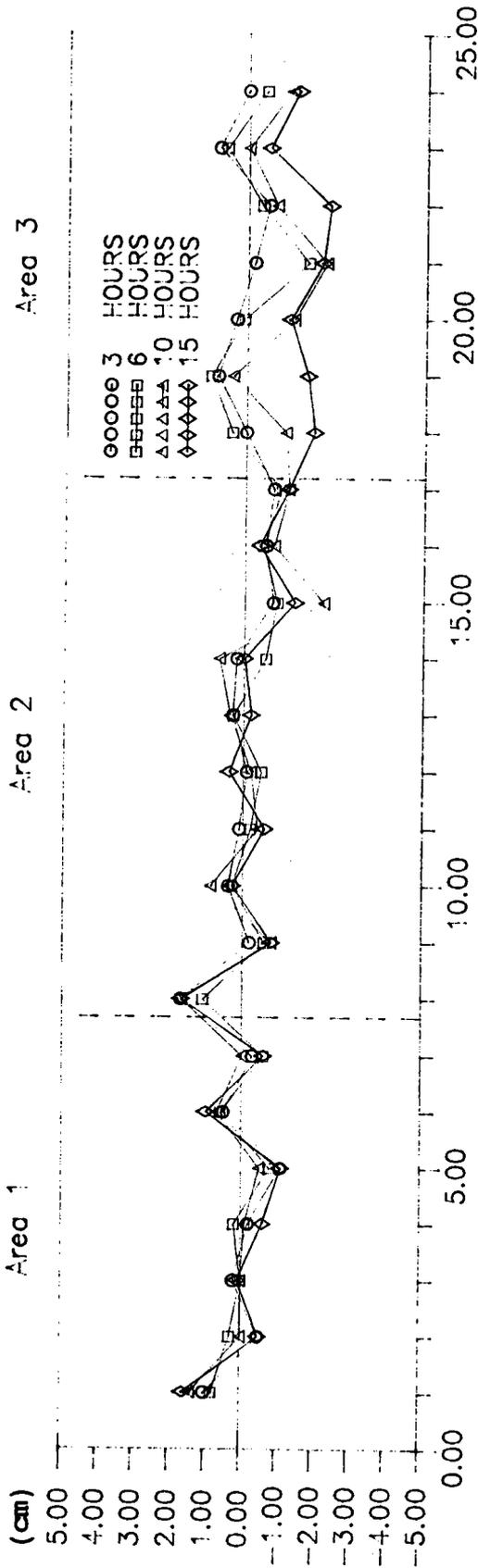


圖 4-23 堤面坡度1/6時, 季節風波浪海堤外地形變化關係

CASE NAME : T 1:2

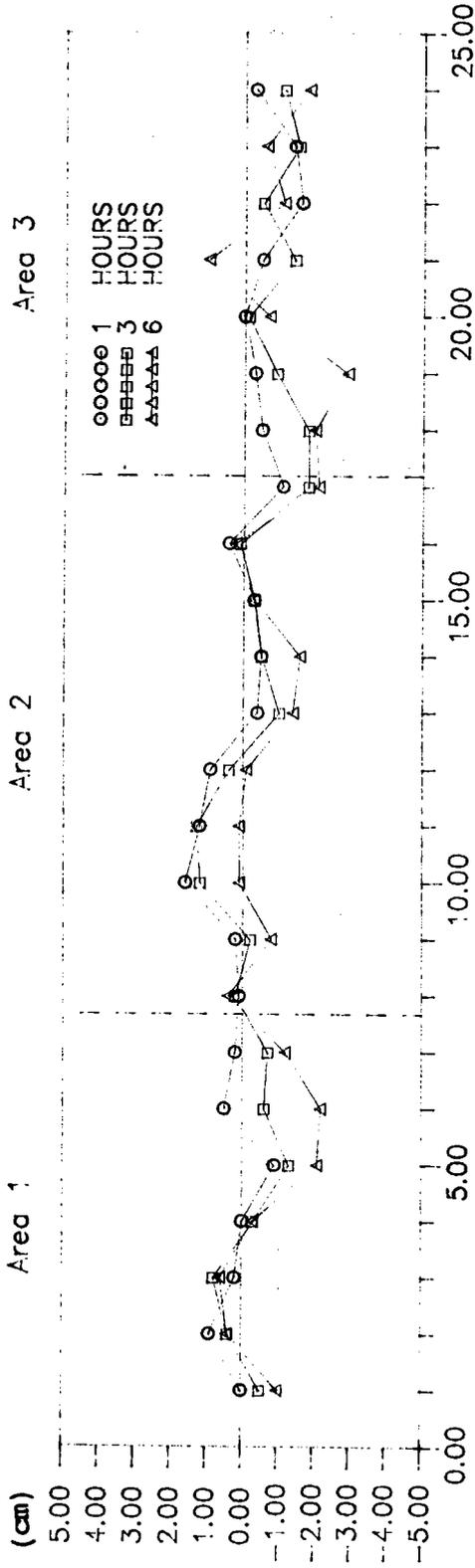


圖 4-24 堤面坡度 1/2 時，颱風波浪海堤外地形變化關係

CASE NAME : T 1:3

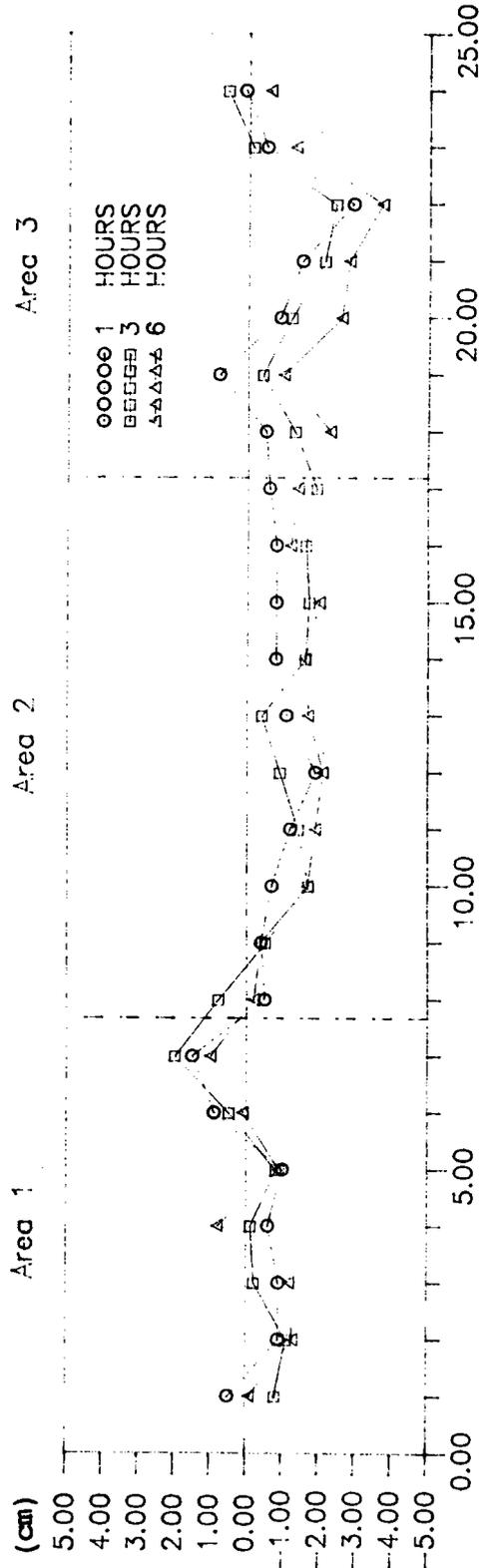


圖 4-25 堤面坡度 1/3 時，颱風波浪海堤外地形變化關係

CASE NAME : T 1:4

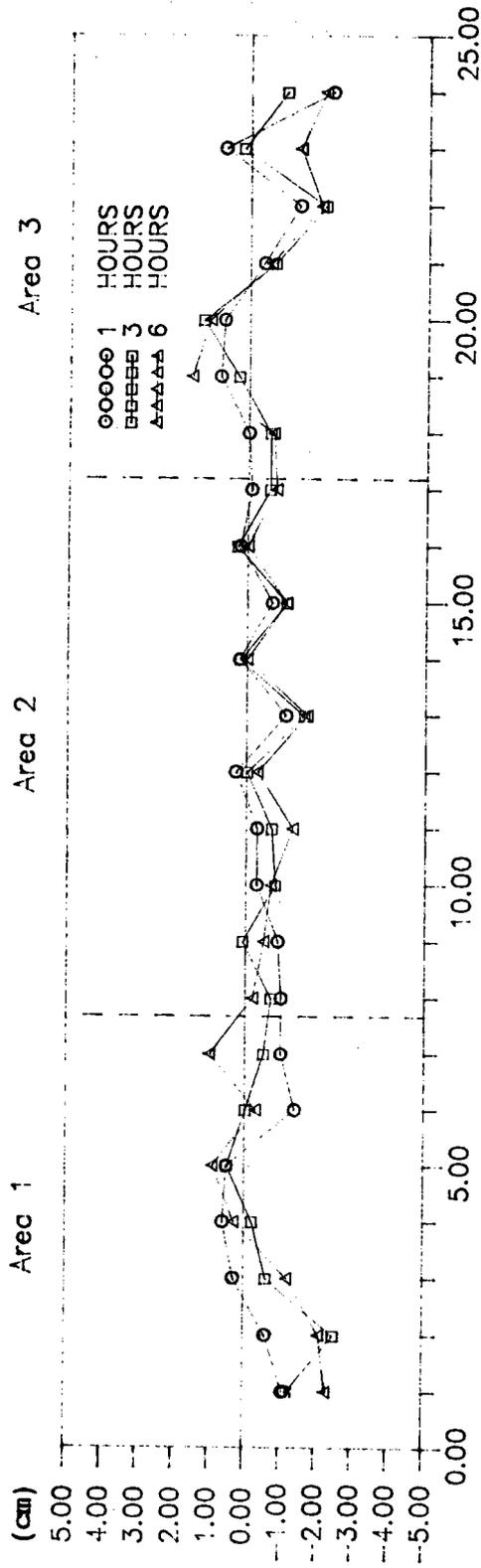


圖 4-26 堤面坡度1/4時，颱風波浪海堤外地形變化關係

CASE NAME : T 1:5

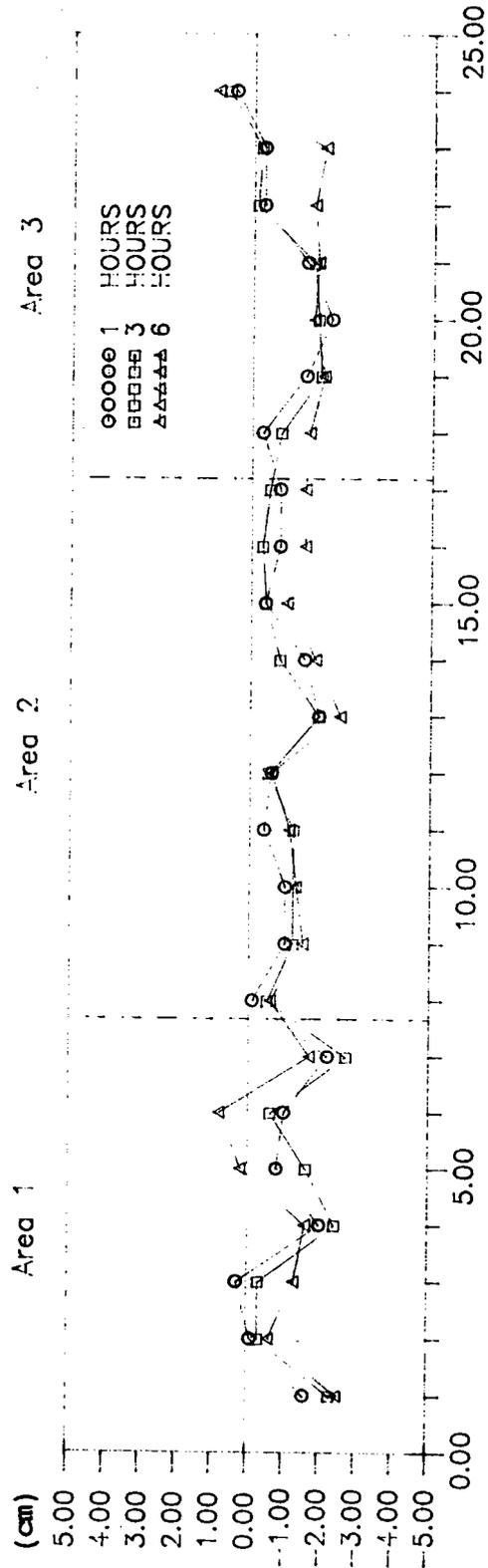


圖 4-27 堤面坡度1/5時，颱風波浪海堤外地形變化關係

CASE NAME : T 1:6

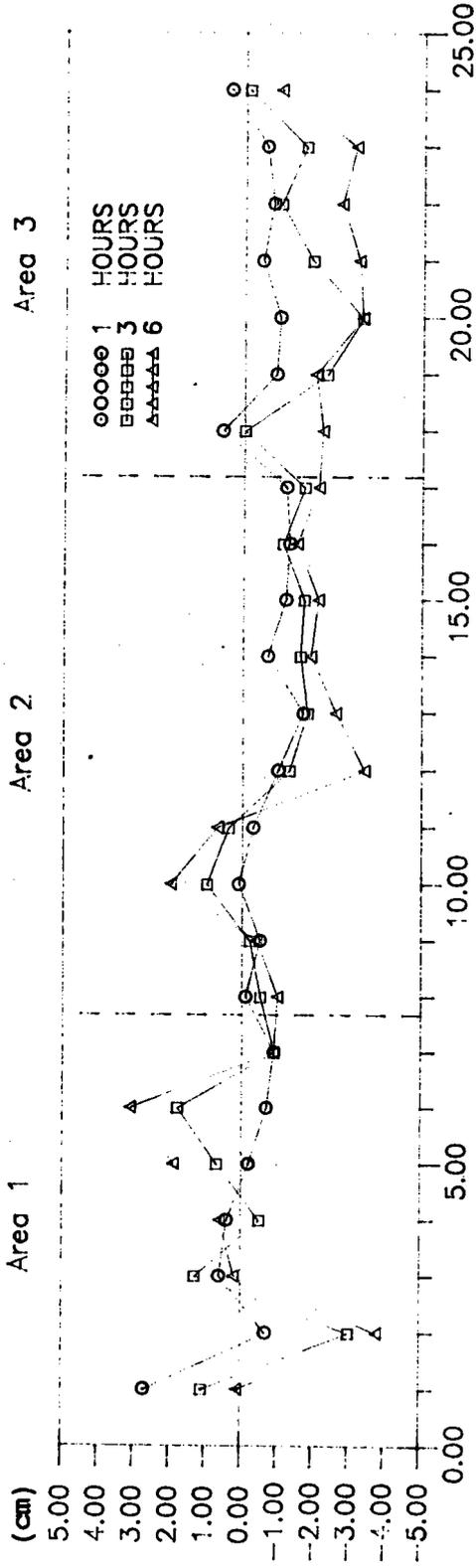


圖 4-28 堤面坡度 1/6 時，颱風波浪海堤外地形變化關係

CASE NAME : T 1:7

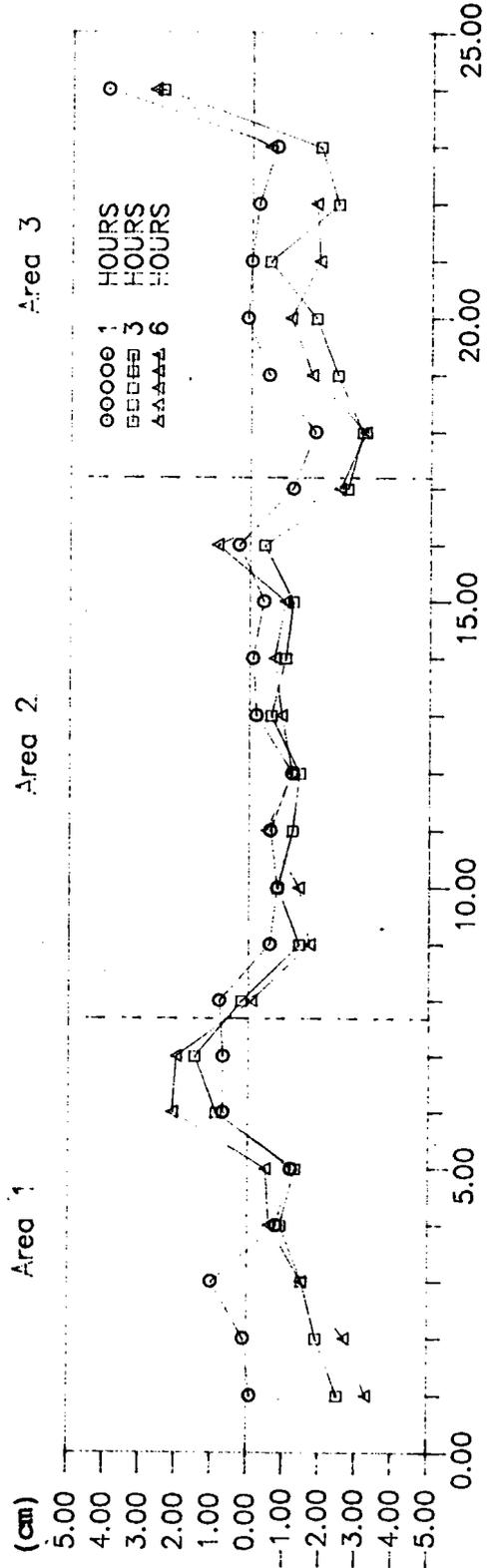


圖 4-29 堤面坡度 1/7 時，颱風波浪海堤外地形變化關係

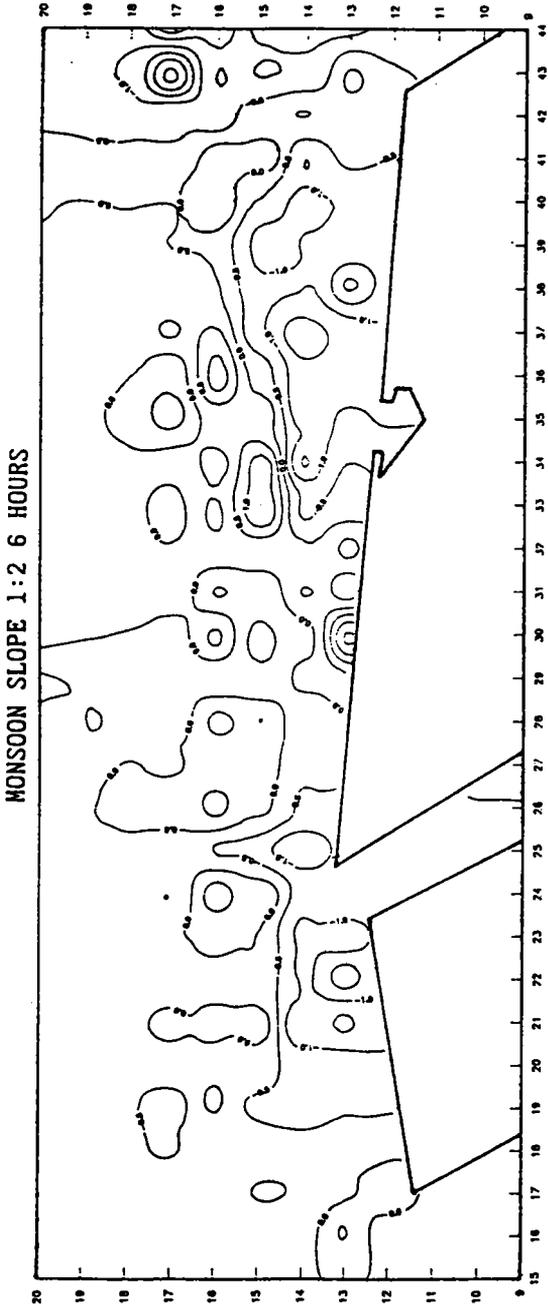


圖 4-30 堤面坡度1/2 時，季節風波浪作用 6小時後之地形變化

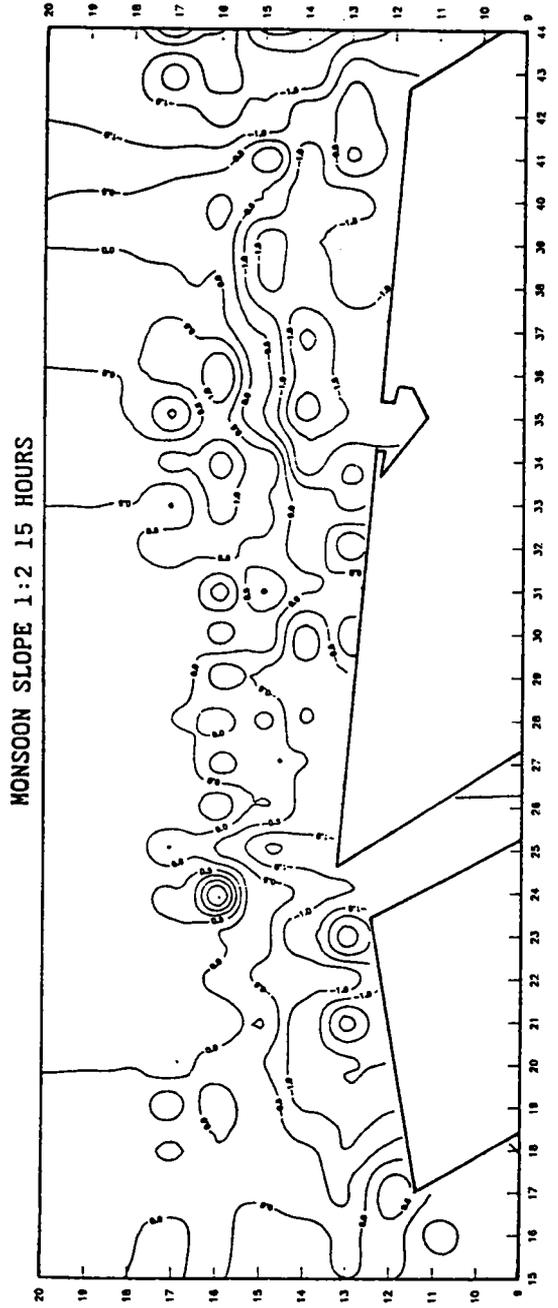


圖 4-31 堤面坡度1/2 時，季節風波浪作用15小時後之地形變化

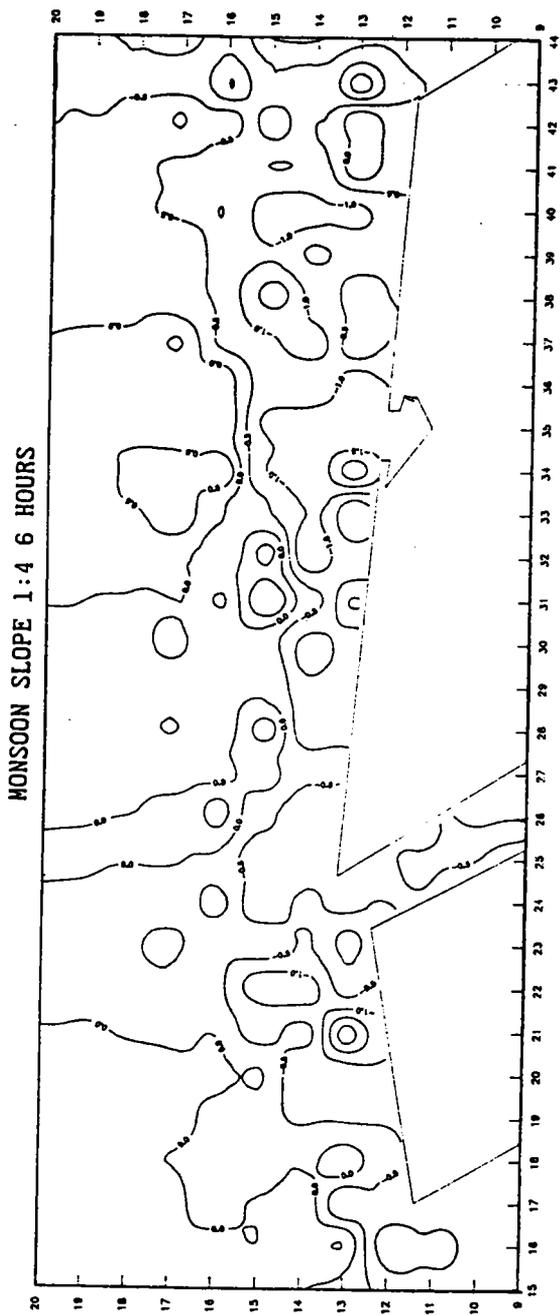


圖 4-32 堤面坡度1/4 時，季節風波浪作用 6小時後之地形變化

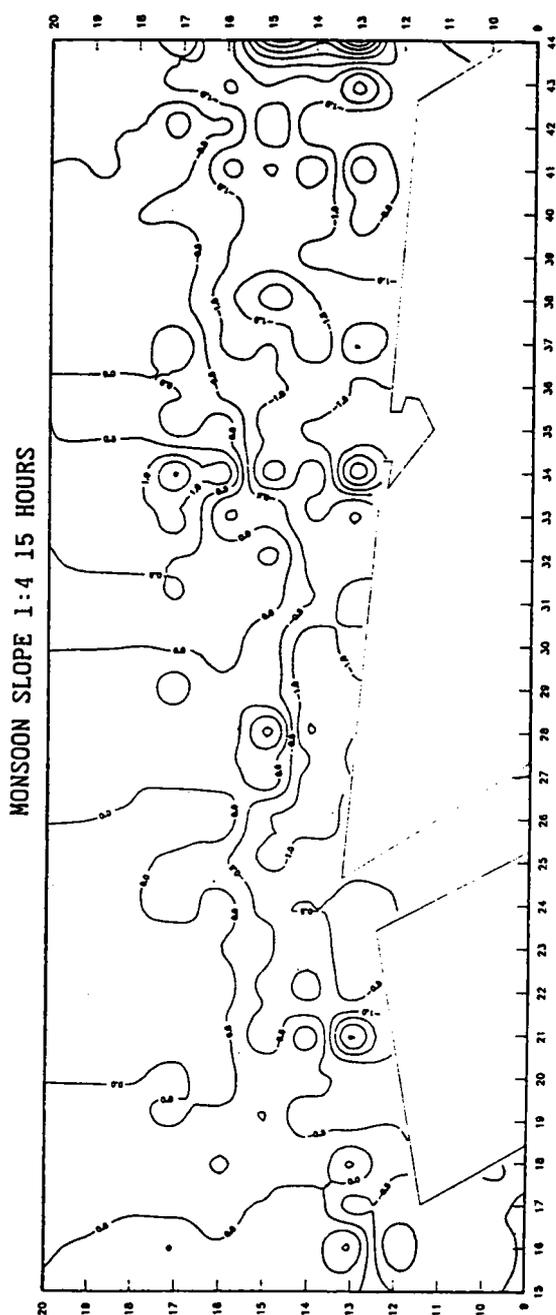


圖 4-33 堤面坡度1/4 時，季節風波浪作用15小時後之地形變化

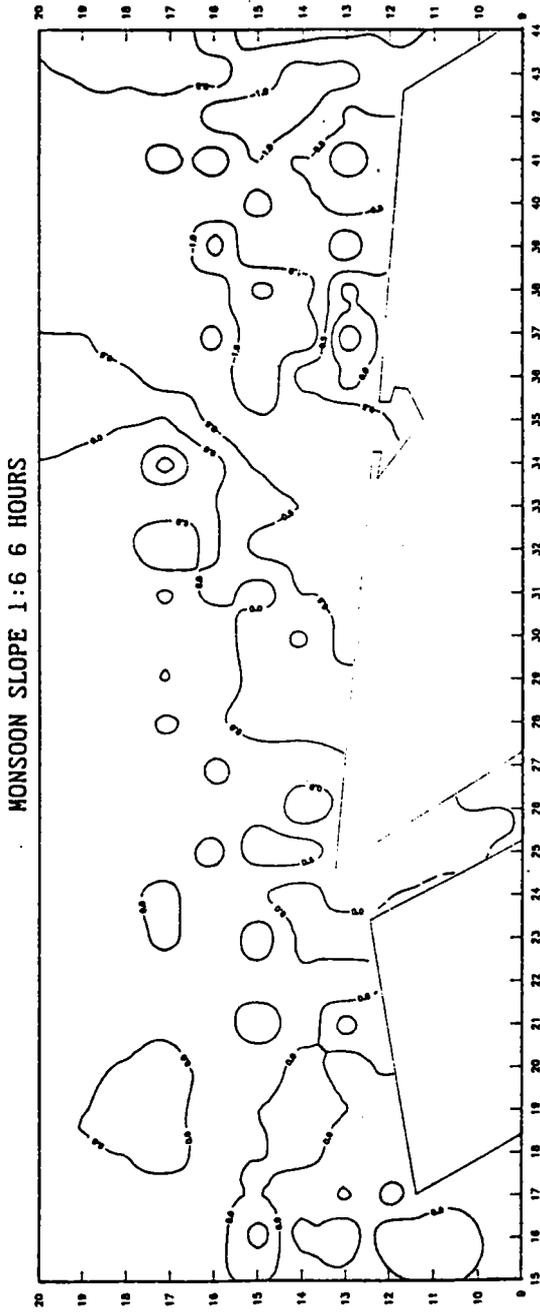


圖 4-34 堤面坡度1/6 時，季節風波浪作用 6小時後之地形變化

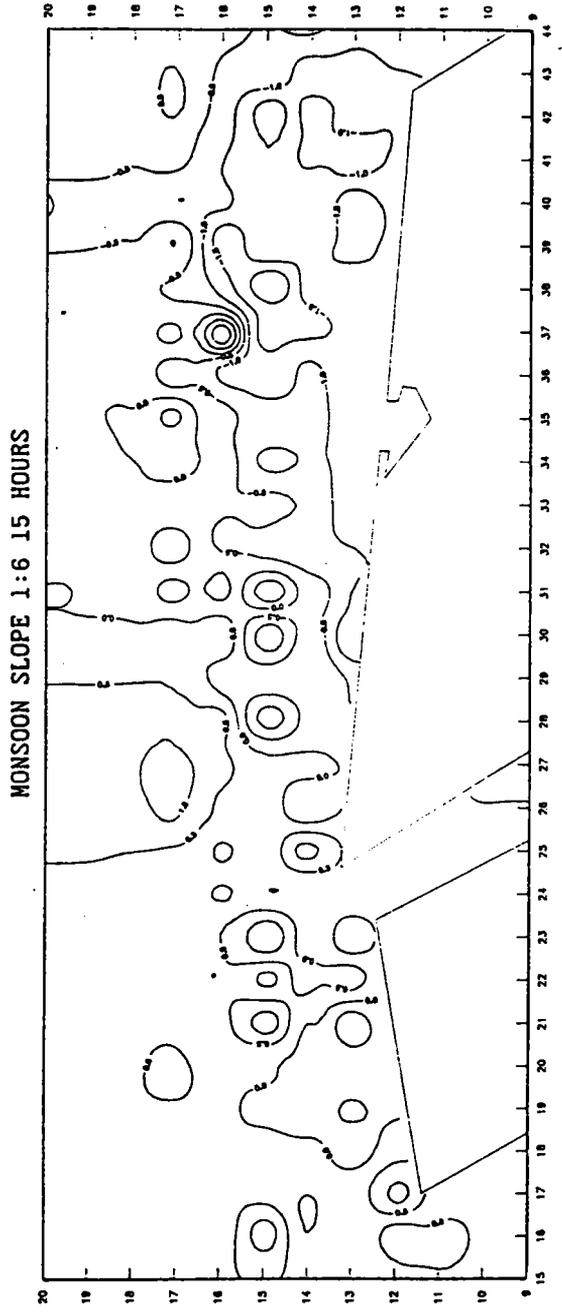


圖 4-35 堤面坡度1/6 時，季節風波浪作用15小時後之地形變化

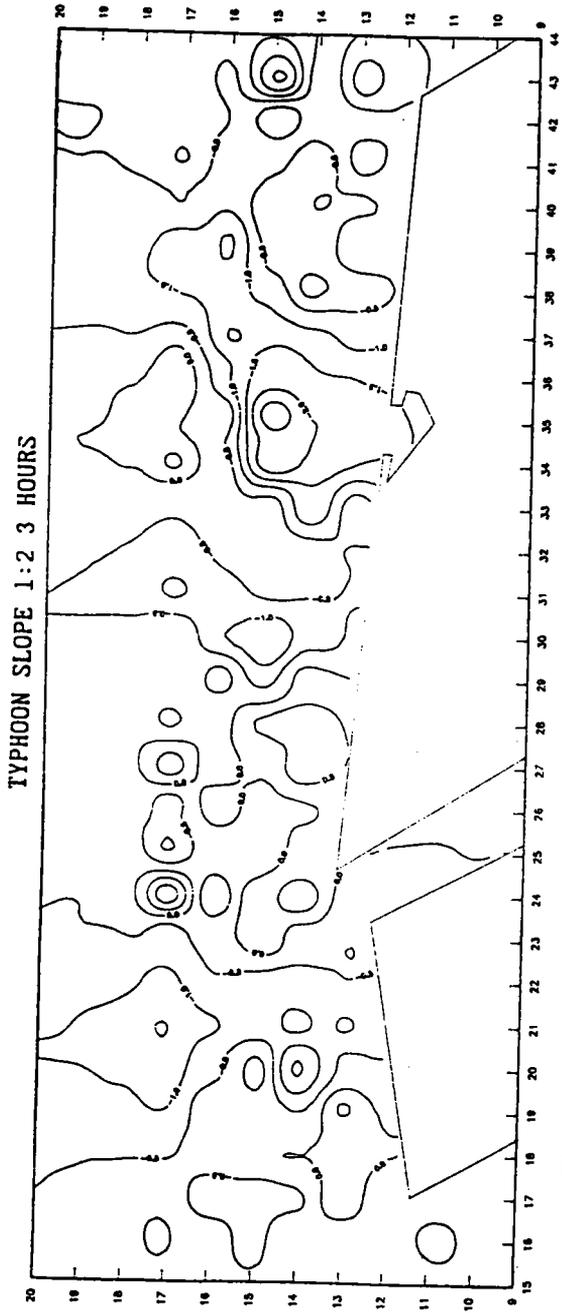


圖 4-36 堤面坡度1/2 時，颱風波浪作用 3小時後之地形變化

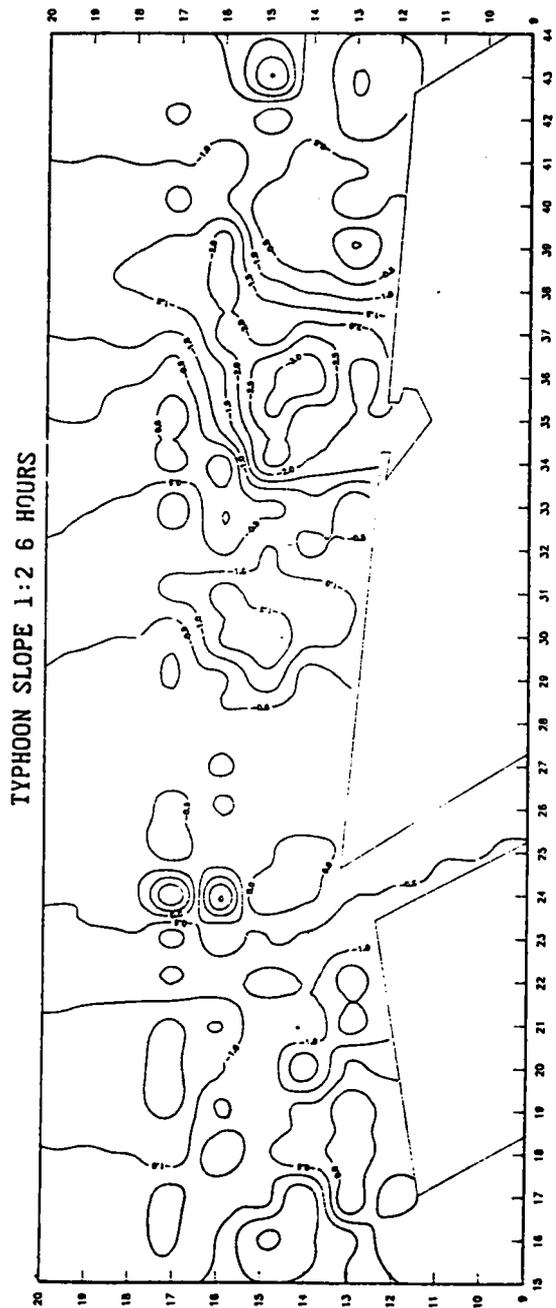


圖 4-37 堤面坡度1/2 時，颱風波浪作用 6小時後之地形變化

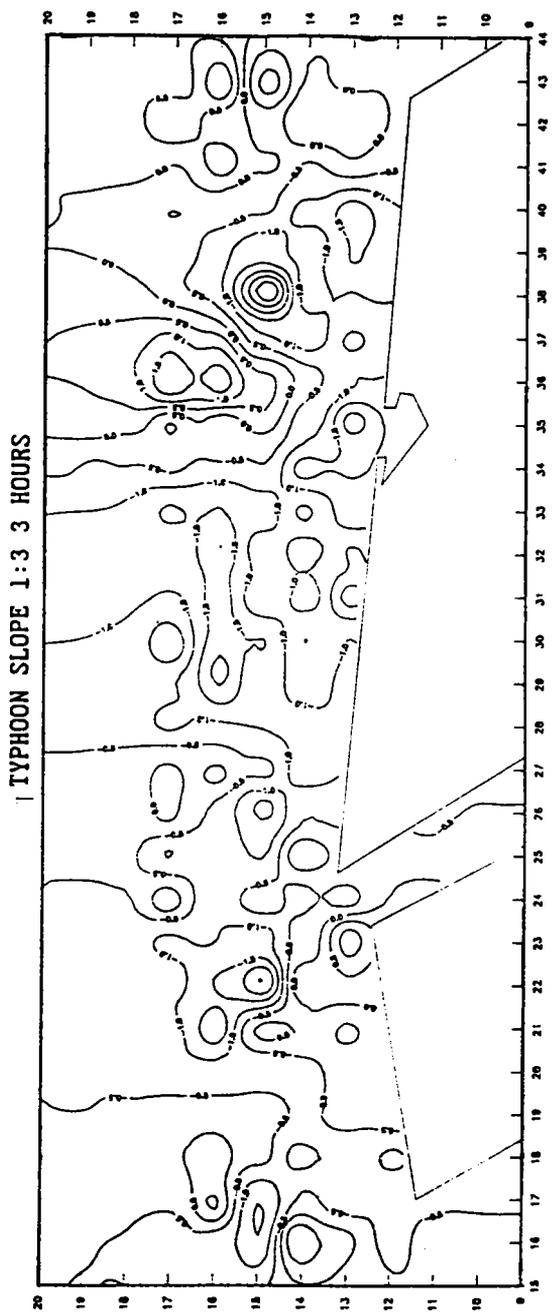


圖 4-38 堤面坡度1/3 時，颱風波浪作用 3小時後之地形變化

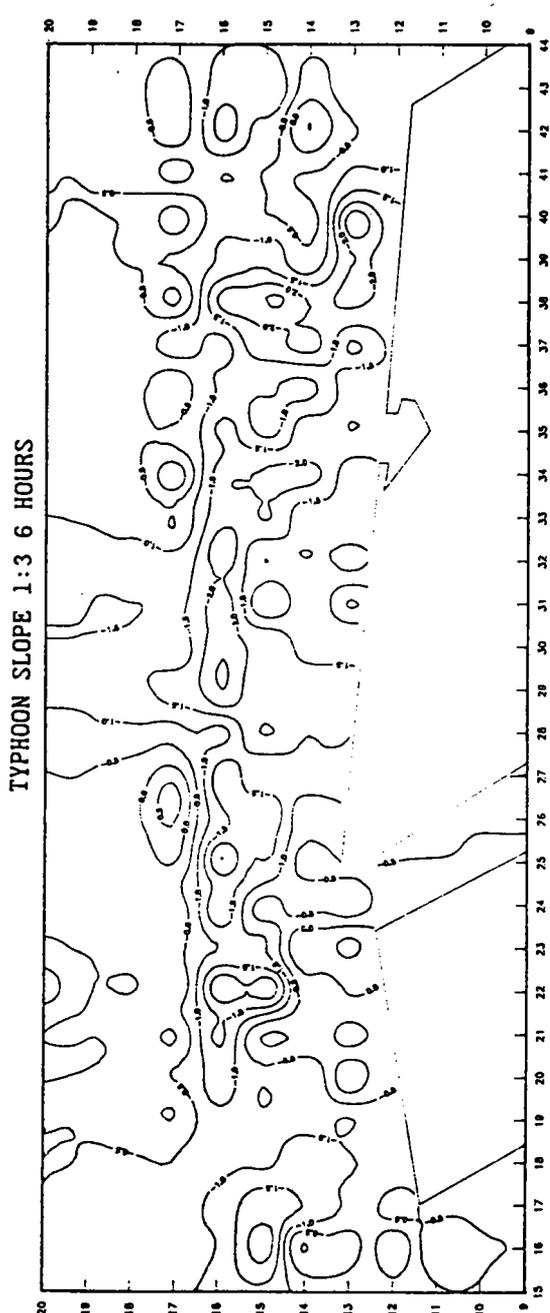


圖 4-39 堤面坡度1/3 時，颱風波浪作用 6小時後之地形變化

TYPHOON SLOPE 1:4 3 HOURS

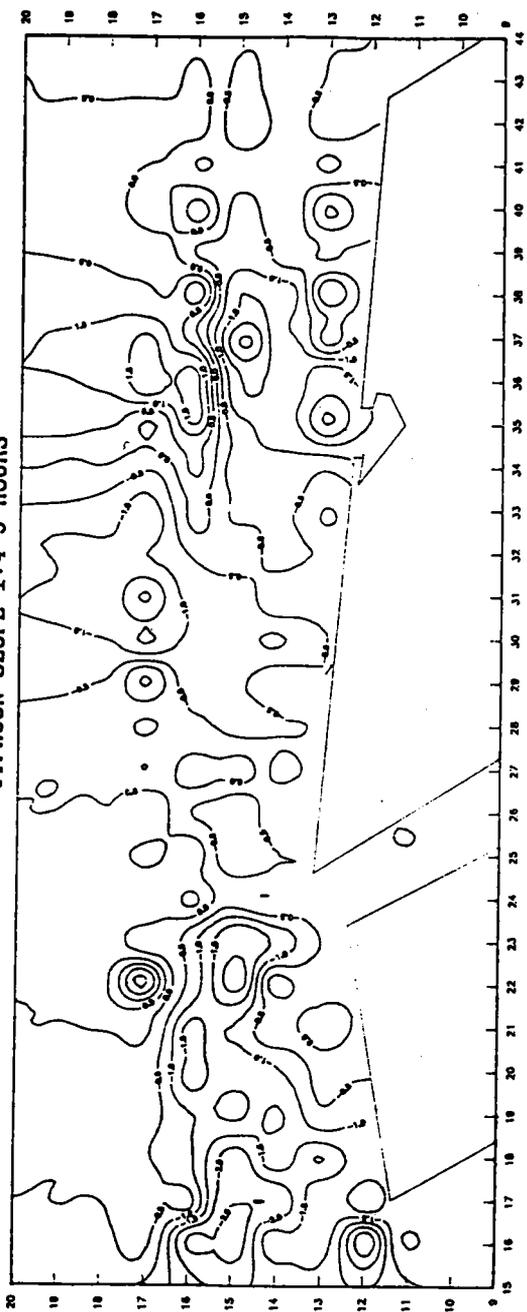


圖 4-40 堤面坡度1/4 時，颱風波浪作用 3小時後之地形變化

TYPHOON SLOPE 1:4 6 HOURS

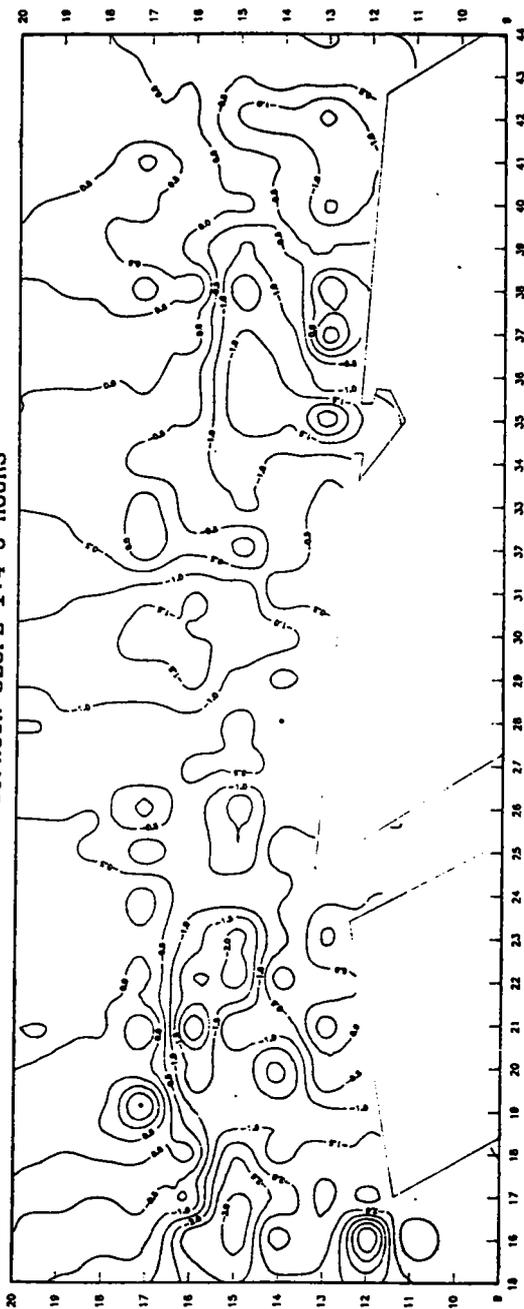


圖 4-41 堤面坡度1/4 時，颱風波浪作用 6小時後之地形變化

TYPHOON SLOPE 1:5 3 HOURS

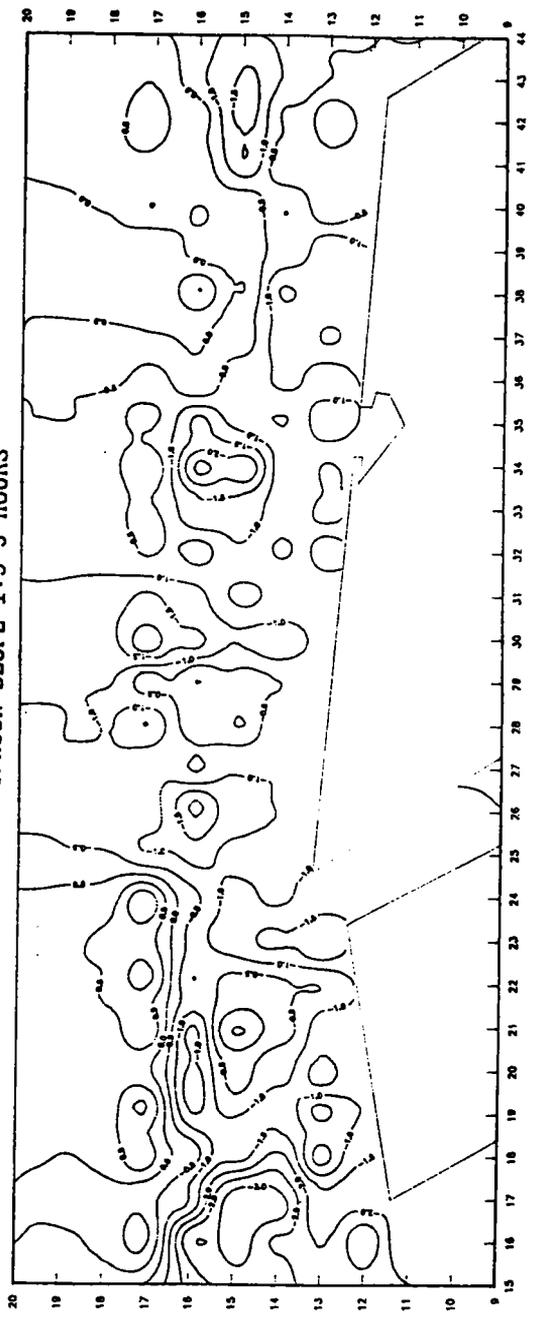


圖 4-42 堤面坡度1/5 時，颱風波浪作用 3小時後之地形變化

TYPHOON SLOPE 1:5 6 HOURS

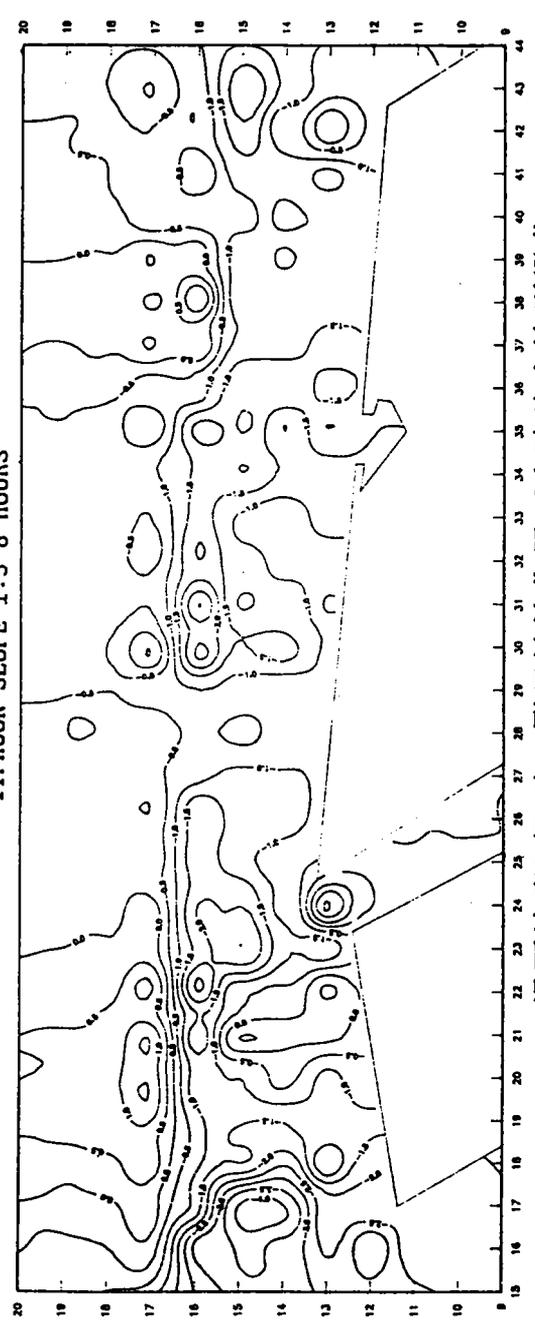


圖 4-43 堤面坡度1/5 時，颱風波浪作用 6小時後之地形變化

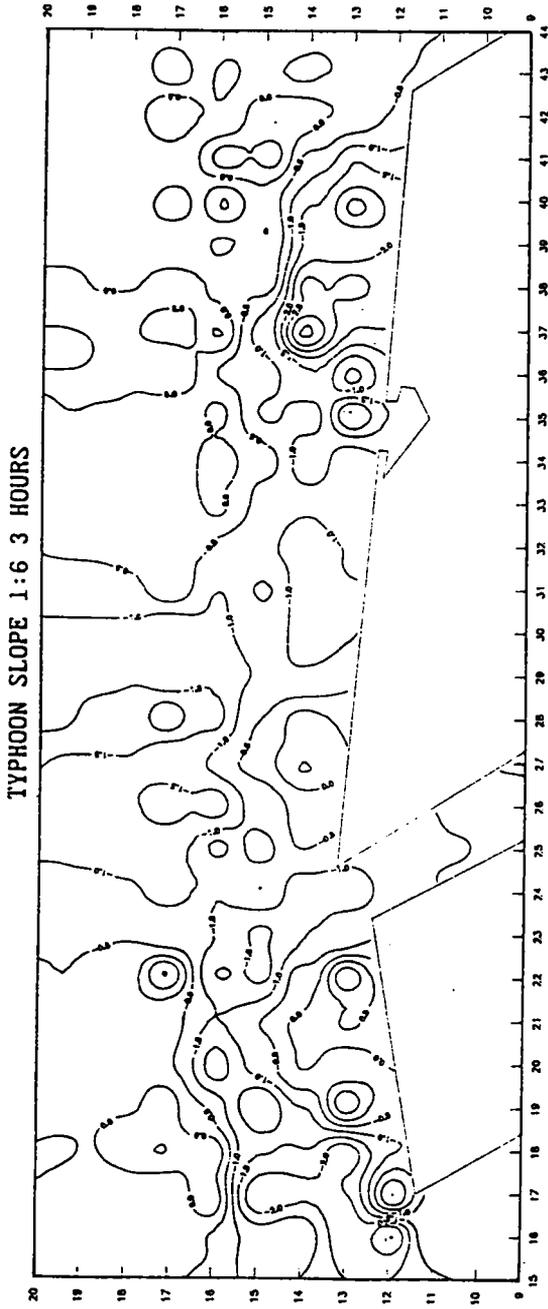


圖 4-44 堤面坡度1/6 時，颱風波浪作用 3小時後之地形變化

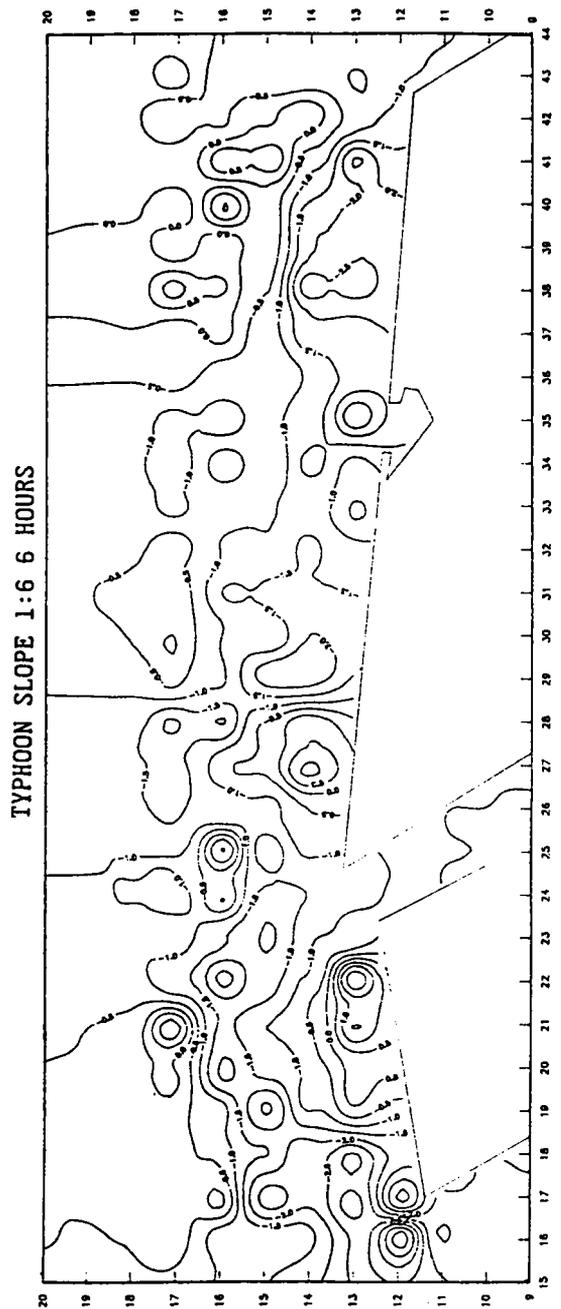


圖 4-45 堤面坡度1/6 時，颱風波浪作用 6小時後之地形變化

TYPHOON SLOPE 1:7 3 HOURS

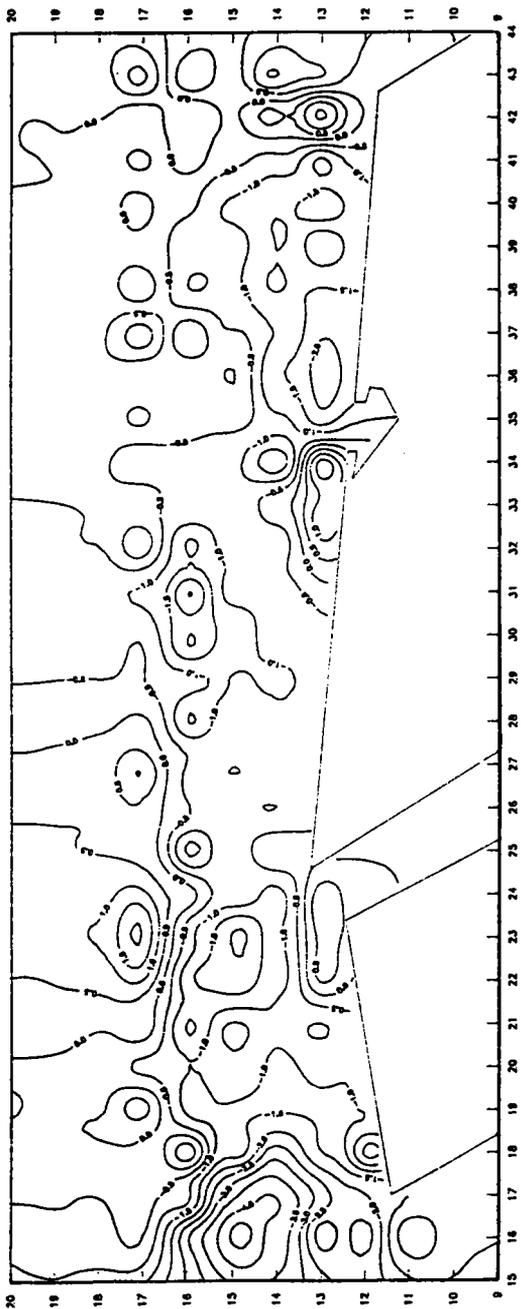


圖 4-46 堤面坡度1/7 時，颱風波浪作用 3小時後之地形變化

TYPHOON SLOPE 1:7 6 HOURS

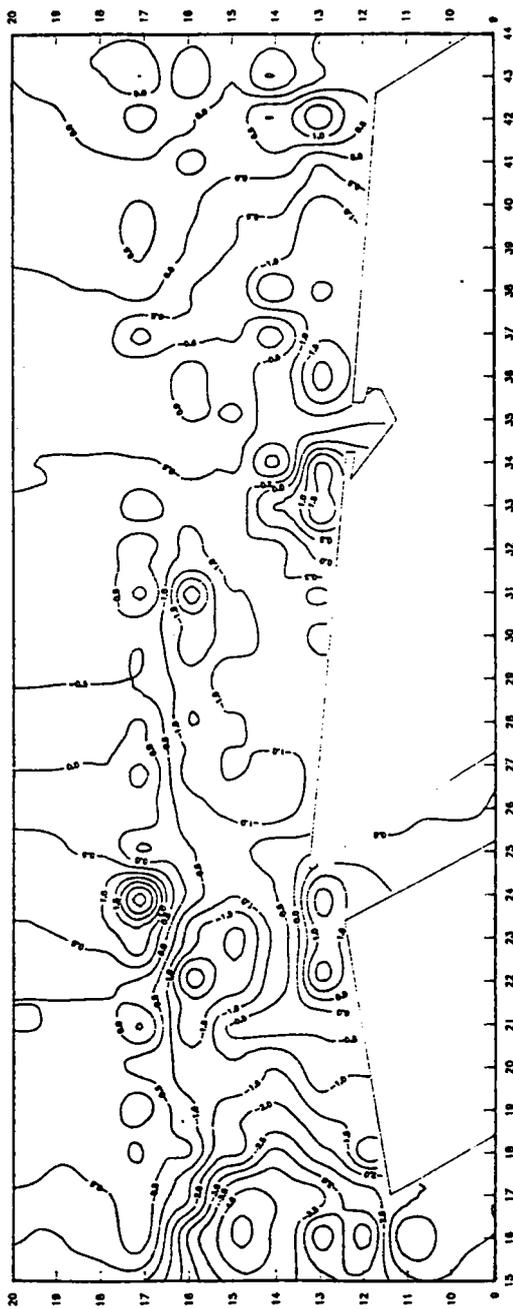


圖 4-47 堤面坡度1/7 時，颱風波浪作用 6小時後之地形變化

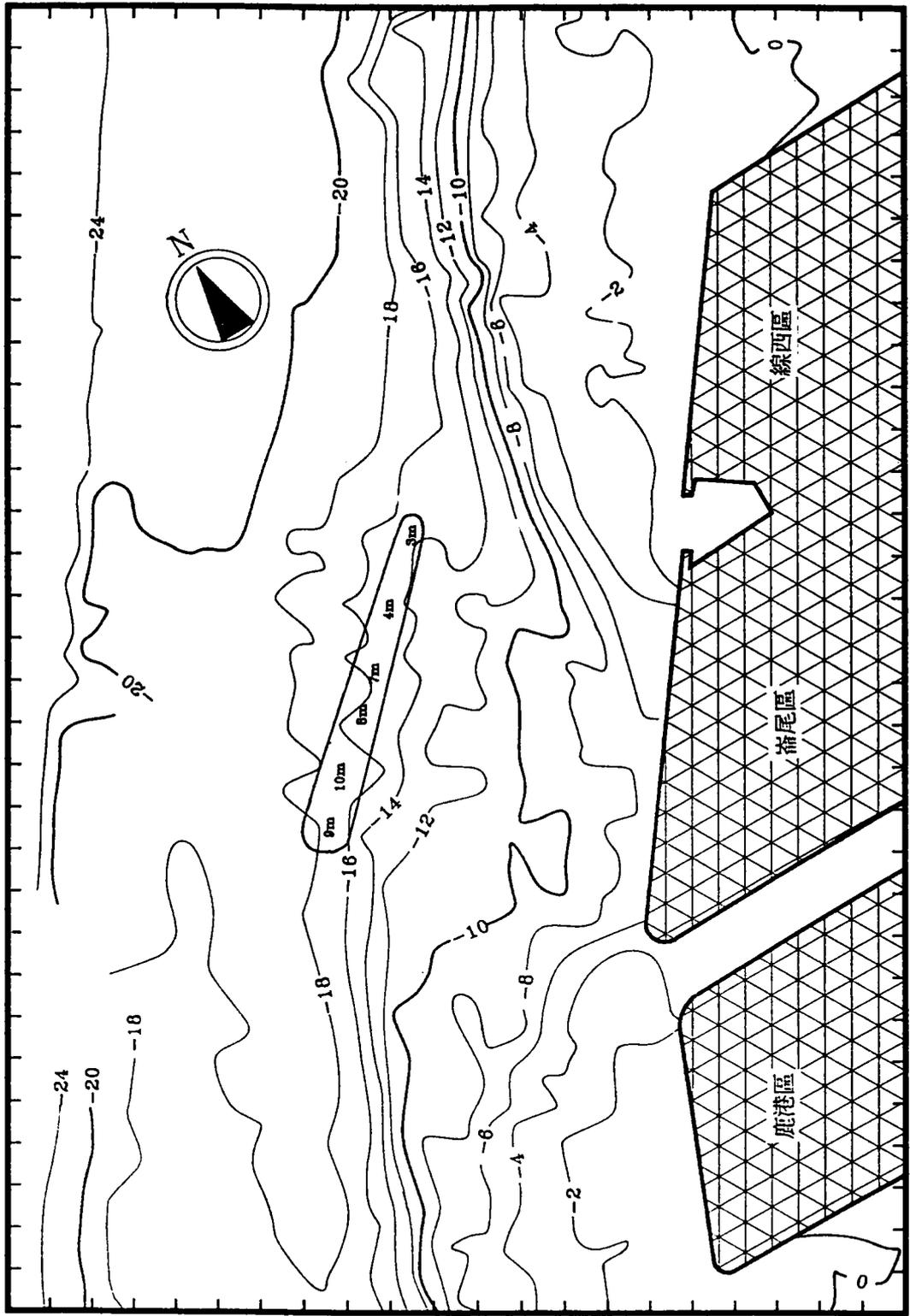


圖 4-48 颱風風浪作用下，沙洲位置示意圖

第五章 結論與建議

由於波浪反射關係，不同之海堤面坡即有不同之堤腳沖刷程度，在衡量工程經費與堤體安全及維護上，自應決定一較佳之海堤面坡。

綜觀上節試驗結果，茲謹陳列數點結論與建議如下：

1. 於颱風與季節風波浪作用之比較下，颱風波浪時間雖短促，但卻有較嚴重堤腳沖刷情況。
2. 各種海堤面坡與堤腳沖刷關係，以面坡1/2者較為嚴重，其餘者則差別不大。
3. 颱風波浪作用時，堤腳沖刷深度較嚴重者有達3.8m以上，將來海堤施工時應注意堤腳之安全保護。
4. 各海堤轉彎處，堤腳沖刷變化常較刻烈，未來施工時亦應特別注意保護。

參 考 文 獻

1. Ahrens, J.P. and M.S. Heimbaugh, "Approximation Upper Limit of Irregular Wave Runup on Riprap," Technical Rept. CERC-88-5, 28pp. (1988)
2. Allsop, N.W.H. and S.S.L. Hettiarachchi, "Reflections from Coastal Structure," Proc. 21th Conf. on Coastal Eng., ASCE, pp.783-794 (1988).
3. Balsillie, J. H. and Berg, D. W., State of groin design and effectiveness, Proc. 13th Int. Conf. Coastal Eng. ASCE. 2 1367. 1972.
4. Berg, D.W. and Watts, G.M., Variations in groin design. Proc. Santa Barbara Specialty Conf. Coastal Eng. ASCE. p. 763. 1986.
5. Bijker, E.W. and Van der Graff, J., Littoral drift in relation to shoreline protection, Proc. Inst. Civ. Eng. Conf. Shoreline Protection, p.81, 1983.
6. Bruun, P., "Design and Construction of Mounds for Breakwaters and Coastal Protection," Elsevier Science, New York 938pp. (1985).
7. Chou, I.B., Powell, G.M., and Winton, T.C., Assessment of beach fill performance by excursion analysis, Proc. Coastal Zone '83 ASCE. 3, 2361, 1983.
8. Goda, Y. and Y. Suzuki, "Estimation of Incident and Reflected Waves in Random Waves Experiments," Proc. 15th Coastal Eng. Conf. ASCE, pp.628-650 (1976).
9. Healy, J.J., "Wave Damping Effect of Beaches," Proc. Minnnesota International Hydraulics Convention, pp.213-220 (1953).

10. Hsu, J.R.C., Tsuchiya, Y. and R. Silvester, "Third-order approximation to Short-crested Waves," J.Fluid Mech., Vol.90, Part 1, pp.179-196(1979).
11. Hsu, J.R.C., Silverster, R. and Y. Tsuchiya, , "Boundary-layer Velocities and Mass Transport in Short-crested Waves," J.Fluid Mech., Vol.99, pp.321-342(1980).
12. Mansard, E.P.D. and E.R. Funke, "The Measurement of Incident and Reflected Spectra Using a Least Squares Method," Proc. 17th Costal Eng. Conf., ASCE, pp.154-172(1980).
13. Pilkey, O.H. and Clayton, T.D., Summary of beach replenishment experience on U.S. East Coast barrier islands, J. Coastal Res., 5,147, 1989.
14. Silvester, R. and Hsu, John R.C., New and old ideas in Coastal sedimentation, Aquatic Science, 1991.
15. Toyoshima, O., Design of detached breakwater system, Proc. 14th Int. Conf. Coastal Eng. ASCE, 2, 1419, 1974.
16. Walker, J.R., Clark, D., and Pope, J., A detached breakwater system for beach protection, Proc. 17th Int. Conf. Coastal Eng. ASCE , 2, 1968, 1980.
17. Winton, T.C., Chou, I.B., Powell, G.M., and Crane, J.D., Analysis of coastal sediment transport processes from Wrigtsville Beach to Fort Fisher, North Carolina, U.S. Army Corps Eng. CERC, Misc . pap. 81-6, 1981.
18. Winton, T.C., Prediction of post-fill beach response, Proc. 6th Aust. Conf. Coastal Ocean Eng., p.246, 1983.
19. 野田英明、岩佐敏博, 「海岸堤防堤脚部の洗掘に関する研究」, 第19回海岸工学講演會論文集, pp.53-57(1972)。
20. 橋本宏、田中茂信、筒井保博, 「緩傾斜堤の局所洗掘と岸沖漂砂への影響」, 第30回海岸工学講演會論文集, pp.249-253(1983)。

21. 佐伯浩、佐藤俊哉、小野敏行、浜中建一郎，「海岸護岸堤脚部の洗掘に関する実験的研究」，第32回海岸工学講演會論文集，pp.440-444 (1985)。
22. 豊島修，「緩傾斜岸工法」，第34回海岸工学講演會論文集pp.447-451 (1987)。
23. 大木喜月朗、橋田望、吉井勝彦、黒川忠良、杉浦國男，「遊水部付緩傾斜消波工の潮風害防止効果について」，第34回海岸工学講演會論文集，pp.526-530(1987)。