

台中港港口擴建流速調查研究

第二部份 流速分佈研究

委託機關：台中港務局

執行機關：港灣技術研究所

計劃主持人：張金機

協同主持人：蘇青和

(程式設計及報告撰寫)

參與人員：陳錫奎

張喆音

楊怡芸

目 錄

壹、前 言	1
貳、基本理論	2
參、台中港港口流速分佈計算結果	14
肆、結 論 及 討 論	17
伍、參 考 文 獻	18
陸、誌 謝	19
柒、附 錄	20
附 表	21
附 圖	23

壹、前言

為了解現有台中港港口附近流況，未來防波堤擴建後之遮蔽效果及領港登輪之難易，以做為台中港口擴建設計規劃評估之參考，本研究係引用流體力學方程式，建立近岸海流數值模式，以推算台中港港口附近海域在冬季強風侵襲時之流況。首先以現有防坡堤的形式設計一基本模式，配合實測資料，以驗證模式之正確性，及修正模式之有關係數，最後根據幾種不同防坡堤修正佈置計算流況，做為規劃港口擴建之參考。

貳、基本理論

引用連續方程式及運動方程式做為數值模式之控制方程式，考慮風及潮汐為主要自然外力，風剪力包括於運動方程式內，潮汐則視為一長波，涵蓋於邊界條件內，本模式並考慮海底摩擦、邊界摩擦效應及亂流影響等因素。

一、控制方程式、邊界條件及起始條件

座標系統定義如圖 2-1 (a)

x_1, x_2, x_3 系統固定於地球表面

x_3 向上為正。

$\hat{1}, \hat{2}, \hat{3}$ 各為 x_1, x_2, x_3 方向之單位向量。

(一) 控制方程式

1. 連續方程式 (質量不滅定律)

$$\rho_{,t} + (\rho U_i)_{,i} = e \quad (\text{張量符號}) \quad (2.1)$$

$$\text{或 } \rho_{,t} + \nabla \cdot (\rho \vec{U}) = e \quad (\text{向量符號}) \quad (2.2)$$

其中 $\rho = \rho(x_1, x_2, x_3, t)$ 為流體密度

$U_i = U_i(x_1, x_2, x_3, t)$ 為在 x_i 分量之流速

$$\vec{U} = U_i \hat{i} = U_1 \hat{1} + U_2 \hat{2} + U_3 \hat{3} \quad \text{海流速度}$$

i = Dummy index

e : 單位體積質量變化率

(假設沒有 Source 或 Sink, 則 $e = 0$)

2. 運動方程式 (動量不變定律)

$$\begin{aligned}
 & (\rho U_k),_t + (\rho U_k U_i),_i + 2\rho \epsilon_{ijk} \omega_i U_j \\
 & = -P_{,k} + f_k + \tau_{jk},_j + \rho m_k \\
 & \quad i, j, k = 1, 2, 3
 \end{aligned} \tag{2.3a}$$

i, j : dummy index

k : free index

$$\begin{aligned}
 \text{或 } & (\rho \vec{U}),_t + \rho (\vec{U} \cdot \nabla) \vec{U} + 2\rho \vec{\omega} \times \vec{U} \\
 & = -\nabla P + \vec{f} + \vec{\tau}^* + \vec{\rho} m
 \end{aligned} \tag{2.3b}$$

其中 P = 壓力

$$\vec{f} = -\rho g \hat{3} \quad \text{重力 (Body force)}$$

$$\vec{m} = m_i \hat{i} \quad \text{(internal source of momentum)}$$

$$\vec{\omega} = \omega_i \hat{i} \quad \text{地球自轉角速度}$$

ϵ_{ijk} 為排列張量 (permutation tensor)

其定義為

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{123} &= \epsilon_{231} = \epsilon_{312} = 1 \\
 \epsilon_{132} &= \epsilon_{213} = \epsilon_{321} = -1
 \end{aligned} \quad \text{其他則為 } 0,$$

$$\vec{\tau}^* = \tau_{jk},_j \hat{k} \quad \text{為亂流摩擦力}$$

$$\tau_{jk} = \tau_{ij}^v - \rho \langle U_i' U_j' \rangle \quad i, j = 1, 2, 3$$

$$\tau_{ij}^v \quad \text{為分子黏滯力 (molecular viscosity)}$$

$\langle \rangle$ 表期望值符號

U_i' : 亂流流速分量

$$\begin{aligned}
 -\rho \langle U_i' U_j' \rangle & : \text{亂流動量傳遞} \\
 & \quad \text{(turlulent momentum transfer)}
 \end{aligned}$$

$-P_{,k} + \tau_{jk},_j$ 為表面力之總和

$2\rho \epsilon_{ijk} \omega_i U_j$: 柯氏力 (Coriolis force)

取 $f = 2\omega \epsilon \sin \phi$ (Coriolis Parameter)

$\omega \epsilon = \omega_3 / \sin \phi$ ϕ : 緯度 (N)

方程式 (2.3) 可化為

$$\begin{aligned} (\rho U_1)_{,t} + (\rho U_1 U_i)_{,i} - \rho f U_2 &= -P_{,1} + \tau_{j1,j} + \rho m_1 \\ (\rho U_2)_{,t} + (\rho U_2 U_i)_{,i} + \rho f U_1 &= -P_{,2} + \tau_{j2,j} + \rho m_2 \\ (\rho U_3)_{,t} + (\rho U_3 U_i)_{,i} + 2\rho \omega_1 U_2 - 2\rho \omega_2 U_1 \\ &= -P_{,3} + \tau_{j3,j} + \rho m_3 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

為簡化運動方程式，我們比較方程式中各變數之數量級，令 t 表時間， L 表水平方向長度， h 表垂直方向長度， U 表水平方向速度大小， W 表垂直方向速度大小。

則方程式 (2.4) 各變數關係為

$$\frac{U}{t} \sim \frac{U U}{L} \sim \frac{U W}{h} \sim f U \sim f W$$

假設 $U \gg W$ (水平速度分量遠較垂直分量為大)

$L \gg h$ (水平長度遠較垂直深度為大)

$$t = L / U$$

$$\frac{U}{L} = f = O(10^{-4} \text{ Sec}^{-1})$$

例如取 $U = O(0.5 \text{ m/sec})$ $L = O(1000 \text{ m})$

$W = O(0.05 \text{ m/sec})$ $h = O(10 \text{ m})$

$t = O(2000 \text{ sec}) = O(0.6 \text{ hr})$

則方程式 (2-4) 可化簡為

$$\begin{aligned}
(\rho U_1)_{,t} + (\rho U_1 U_i)_{,i} - \rho f U_2 &= -P_{,1} + \tau_{j1,j} + \rho m_1 \\
(\rho U_2)_{,t} + (\rho U_2 U_i)_{,i} + \rho f U_1 &= -P_{,2} + \tau_{j2,j} + \rho m_2 \\
0 &= P_{,3} - \rho g \quad (\text{hydro static pressure condition})
\end{aligned}$$

(二) 運動邊界條件 (Kinematical B.C.)

1. 自由表面邊界條件 ($x_3 = \eta(x_1, x_2)$), 如附圖 2-1(b))

$$\frac{D}{Dt} (\eta - x_3) = 0, \quad \text{在 } x_3 = \eta \quad (2.6a)$$

$$\text{或 } [\eta_{,t} + U_i \eta_{,i}] = 0, \quad \text{在 } x_3 = \eta \quad (2.6b)$$

2. 海底邊界條件 ($x_3 = -h(x_1, x_2)$)

假設海底為固定, 不可穿透

$$\frac{D}{Dt} (x_3 + h) = 0, \quad \text{在 } x_3 = -h \quad (2.7a)$$

$$\text{或 } [U_i h_{,i}] = 0, \quad \text{在 } x_3 = -h \quad (2.7b)$$

3. 側面邊界條件 (假設側面邊界為垂直) :

內邊界與外邊界流應滿足連續條件, 內邊界與外邊界之垂直分量流速必相同 (如附圖 2-1(c))

$$\text{i.e. } U_i n_i \Big|_{-}^{+} = 0 \quad i = 1, 2 \quad (2.8)$$

內邊界與外邊界之切線分量流速必相同

$$\text{i.e. } \epsilon_{ijk} U_i n_j \Big|_{-}^{+} = 0 \quad i, j, k = 1, 2, 3$$

+ 表外邊界量

- 表內邊界量

(2.9)

n_i : 垂直邊界向外方向之單位向量 $i = 1, 2, 3$

(三) 動力邊界條件 (Dynamic B.C.)

1. 自由表面動力邊界條件 ($x_3 = \eta(x_1, x_2)$), 如附圖 2-1(d))

$$\tau_{11} S + P S \eta_{,1} = [P \eta_{,1} - \tau_{11} \eta_{,1} - \tau_{21} \eta_{,2} - \tau_{31}]$$

在 $x_3 = \eta$

$$\tau_{22} S + P S \eta_{,2} = [P \eta_{,2} - \tau_{12} \eta_{,1} - \tau_{22} \eta_{,2} - \tau_{32}]$$

在 $x_3 = \eta$

$$\begin{aligned} & - P S + \tau_{13} S \eta_{,1} + \tau_{23} S \eta_{,2} \\ & = [-P - \tau_{13} \eta_{,1} - \tau_{23} \eta_{,2} + \tau_{33}] \quad \text{在 } x_3 = \eta \\ & \dots\dots\dots (2.10) \end{aligned}$$

2. 海底動力邊界條件 ($x_3 = -h(x_1, x_2)$)

假設海底為固定不可穿透, 則

$$\begin{aligned} & \tau_{11} b - P b h_{,1} = [-(P - \tau_{11}) h_{,1} + \tau_{21} h_{,2} \\ & \quad + \tau_{31}] \quad \text{在 } x_3 = -h \\ & \tau_{22} b + P b h_{,2} = [-\tau_{12} h_{,1} - (P - \tau_{22}) h_{,2} \\ & \quad + \tau_{32}] \quad \text{在 } x_3 = -h \\ & -\tau_{13} b h_{,1} - \tau_{23} b h_{,2} - P b = [-P + \tau_{13} h_{,1} \\ & \quad + \tau_{23} h_{,2} + \tau_{33}] \quad \text{在 } x_3 = -h \end{aligned} \quad (2.11)$$

3. 側面動力邊界條件

內外滿足應力連續條件 :

$$\begin{aligned} & [\text{垂直應力分量}] \Big|_{-}^{+} = 0 \\ & [\text{切線應力分量}] \Big|_{-}^{+} = 0 \end{aligned} \quad (2.12)$$

- (四) 起始條件 :

最初流場

$$\begin{aligned} & U_i(x_1, x_2, x_3, t) = U_{0i}(x_1, x_2, x_3) \\ & i = 1, 2, 3 \quad \text{在 } t = t_0 \text{ 時} \end{aligned} \quad (2.13)$$

最初水位場

$$H(x_1, x_2, t) = H_0(x_1, x_2) \text{ 在 } t = t_0 \quad (2.14)$$

二、垂直積分

在淺水條件，流場較均勻，垂直斷面物理量變化不明顯，密度為常數 $\rho = \rho(x_1, x_2, t)$ ，我們引用垂直積分法，將 3 維控制方程式及邊界條件簡化為 2 維方程式，垂直方向積分元為 $\int_{-h}^{\eta} dx_3$ ，簡寫為 $\int dx_3$ 。

取下面符號定義為：

$$H = \int dx_3 = h + \eta \quad (\text{水位變化}) \quad (2.15)$$

$$Q_i = \int U_i dx_3 \quad i = 1, 2 \quad (\text{流量}) \quad (2.16)$$

$$\rho F'_{ij} = \int \tau_{ij} dx_3 \quad (\text{internal specific force})$$

$$i, j = 1, 2 \quad (2.17)$$

$$\overline{m_i} = \int m_i dx_3 \quad i = 1, 2 \quad (2.18)$$

$$\rho = \rho(x_1, x_2, t) = \rho_0 + \Delta \rho(x_1, x_2, t) \quad (2.19)$$

假設 $\Delta \rho \ll \rho_0$

Q ：單位寬度水平方向之淨流量

$$\rho_0 F_P = \left(\int \rho dx_3 - \frac{1}{2} \rho_0 g h^2 \right)$$

$$\sim \rho_0 g h \eta + \frac{1}{2} \rho_0 g \eta^2 + \frac{1}{2} \Delta \rho g h^2 + P S H \quad (2.20)$$

連續方程式 (2.1) 化為

$$(\rho H)_{,t} + (\rho Q_i)_{,i} = \rho Q \quad i = 1, 2 \quad (2.21)$$

動量方程式 (2.5) 化為

x_1 分量

$$(Q_1)_{,t} + \left(\int U_1^2 dx_3 \right)_{,1} + \left(\int U_1 U_2 dx_3 \right)_{,2} - f Q_2$$

$$+ (F_P - F'_{11})_{,1} - (F'_{21})_{,2} + (\tau_1 S - \tau_1 b) / \rho_0 - \overline{m_1}$$

$$- P S / P_0 (H_{,1}) - g \eta h_{,1} - \Delta \rho / \rho_0 (g H h_{,1}) = 0$$

$$\dots\dots\dots (2.22)$$

x_2 — 分量

$$\begin{aligned} & (Q_2)_{,t} + (\int U_1 U_2 dx_3)_{,1} + (\int U_2^2 dx_3)_{,2} + fQ_1 \\ & - (F'_{12})_{,1} + (F_P - F'_{22})_{,2} + (\tau_2 S - \tau_2 b) / \rho_0 - \overline{m_2} \\ & - PS / \rho_0 (H_{,1}) - \Delta \rho / \rho_0 (gHh_{,2}) - g\eta h_{,1} = 0 \\ & \dots\dots\dots (2.23) \end{aligned}$$

三、重要係數決定：

上述方程式未知變數仍較方程式之個數為多，為簡化方程式我們將表面風剪力，海底摩擦力及渦流效應等外力公式化，並引用實驗或現場資料決定重要係數，今取用多位學者之經驗公式，敘述如后：

(一) 海底摩擦係數 (C_f)：

根據經驗公式摩擦應力 τ_{ib} 滿足下列方程式

$$\begin{aligned} \tau_{ib} &= C_f \rho (Q_1^2 + Q_2^2)^{1/2} Q_i / H^2 \\ i &= 1, 2 \end{aligned} \quad (2.24)$$

$$\text{其中 } C_f = n^2 / H^3 g \quad (\text{manning}) \quad (2.25)$$

n 值與雷諾數 (Reynold's no.) 及海底相對粗糙度有關正常值 n 介於 0.025 - 0.040 n, H 值可由表 2.1 查出 (引自 Connor, 1975)

(二) 表面風剪力係數 C_D ：

一般根據經驗公式：

$$\tau_S = \rho'_{air} C_D U_{10}^2 \quad (2.26)$$

ρ'_{air} : 空氣密度 ($\sim 1.2 \text{ kg/m}^3$)

U_{10} : 10 米高風速

C_D : 風剪力係數

其中 $C_D \sim \{1.1 + 0.0536 U_{10}\} 10^{-3}$

(Connor, 1975) U_{10} 單位 m/sec (2.27)

(三) 亂流係數(E_{ij}), (eddy viscosity coefficients)

internal specific force F_{ij}

根據 (Connor) 我們取經驗公式

$$F_{ij} = E_{ij} (Q_{j,i} + Q_{i,j}) \quad (2.28)$$

$$i, j = 1, 2 \quad (i, j \text{ free index})$$

其中 E_{ij} (亂流係數) 與平均流量、水深、表面應力及流體形成時間有關，正確的係數一般由經驗或多次測試獲得，根據 Connor

$$E_{ij} \sim a g n L/U \quad (2.29)$$

a 為係數 (一般介於 0.1 - 0.01)

g 為重力加速度

U 為流體速度大小

L 為水平長度量

$$\text{例如 令 } n = 2m \quad a = 0.02$$

$$U = 0.2 \text{ m/sec} \quad L = 5000 \text{ m}$$

$$\text{則 } E_{ij} \sim 10000 \text{ m}^2/\text{sec}$$

(四) 以上各項係數必須依個別特殊的環境條件，借實驗資料或現場實測資料做修正，例如前述風剪力係數 C_f ，較適合開放式海洋，對於封閉式湖泊則須另作一修正。

(五) 控制方程式，啓始條件及邊界條件：

1. 控制方程式：

根據上述經驗公式我們將 (2.21) 化為

$$H_t + Q_{i,i} = Q \quad \text{其中 } i = 1, 2 \quad (2.30)$$

(2.22) 化為

$$\begin{aligned} Q_{1,t} + (U_1 Q_1)_{,1} + (U_1 Q_2)_{,2} - fQ_2 \\ + (F_P - F_{11})_{,1} - F_{21,2} + (\tau_1 S - \tau_1 b) / \rho_0 \\ - m_1 - (PS H_{,1} + \Delta \rho g H h_{,1}) / \rho_0 - g \eta h_{,1} = 0 \end{aligned}$$

..... (2.31)

(2.23) 化為

$$\begin{aligned} Q_{2,t} + (U_2 Q_1)_{,1} + (U_2 Q_2)_{,2} + fQ_1 - F_{12,1} \\ + (F_P - F_{22})_{,2} + (\tau_2 S - \tau_2 b) / \rho_0 - m_2 \\ - (PS H_{,2} + \Delta \rho g H h_{,2}) / \rho_0 - g \eta h_{,2} = 0 \end{aligned}$$

..... (2.32)

2. 啓始條件 (Initial Conditions) :

$$(Q_1, Q_2) = (Q_1^* (x_1, x_2), Q_2^* (x_1, x_2))$$

$$\text{平面點 } (x_1, x_2), \text{ 在 } t = t_0 \quad (2.33)$$

Q_1^*, Q_2^* 為常數值

3. 邊界條件 (Boundary Conditions) :

在流量邊界 S_q (discharge boundary) 滿足 :

正向流量 :

$$Q_n = \alpha_{n1} Q_1 + \alpha_{n2} Q_2 = Q_n^* \quad (2.35)$$

切向流量 :

$$Q_s = -\alpha_{n2} Q_1 + \alpha_{n1} Q_2 = Q_s^*$$

Q_n^*, Q_s^* 為常數值

$$\alpha_{ni} = \cos(n, x_i) = \text{單位正向分量與 } X_i$$

軸方向餘弦

在外力邊界 S_f (external force) 滿足 :

正向外力：

$$F_{nn} = -F_p + \alpha_{n1}^2 F_{11} + \alpha_{n2}^2 F_{22} + 2\alpha_{n1}\alpha_{n2}F_{12} = F^*_{nn}$$

切向外力：

$$F_{ns} = (\alpha_{n1}^2 - \alpha_{n2}^2)F_{12} + \alpha_{n1}\alpha_{n2}(F_{22} - F_{11}) = F^*_{ns}$$

$$F^*_{nn}, F^*_{ns} \quad \text{為常數值} \quad (2.36)$$

四、數 值 方 法

本模式為提高網格點之較大變化能力及對不規則邊界描素，取用有限元素法，利用權重殘餘法 (the method of weighted residual) 將前述控制方程式，簡化為一大域系統聯立方程組，(稱為有限元素方程組)，時間積分則取用 4 階 Runge - Kutta 方法。

五、模 式 簡 例 測 試

為對數值模式做初步印證，列舉二簡單例子說明模式運算狀況，一為封閉長方形湖泊如 (圖 2-2)，另為開口式長方形港池如 (圖 2-3)，長方形水域長為 30 公里，寬為 5 公里。

(一) 封閉長方形湖泊測試

1. 基本假設、起始及邊界條件

(1) 四邊週圍封閉不透水，沒有 Source 及 Sink。

(2) 等水深，平均為 8 米，起始條件為靜水面。

(3) eddy viscosity coefficients 為常數。

$$E_{11} = E_{22} = E_{12} = 500$$

(4) 摩擦係數為常數 $C_f = 0.01$

(5) 假設風為等速且均勻分佈，風速 30 節，風向則分別考慮東、西、南、北四種不同方向比較其結果。

(6) 節點取 63 點，元素 80 個，如附圖 2-4。

(7) 時間間格取 100 秒。

2. 計算結果

(1) 風速 = 30 節，風向：西風

在 $t = 1000$ 秒 ~ 6000 秒間之流況及水位分佈如附圖 2-5 及圖 2-6，最初流向往東，由小增大，水位西面低，東面高，隨時間增加流速漸小，方向不變，東西面水位相差愈大；隨時間再增加，流向改變，流速由小增大，東西面水位相差再度減少，此後隨時間再增加又再度回到最初之狀況，週而復始，最後達到某種動態平衡。

(2) 風速 30 節，風向：東風

在 $t = 1000$ 秒 ~ 6000 秒間之流況及水位分佈如附圖 2-7 及圖 2-8，其現象類似條件 (a)，但方向相反。

(3) 風速 30 節，風向：北風

在 $t = 1000$ 秒 ~ 6000 秒間之流況及水位分佈如附圖 2-9 及圖 2-10，其流況在湖泊東端有逆時鐘方向渦流。

(4) 風速 30 節， 風向：南風

在 $t = 1000$ 秒 ~ 6000 秒間之流況及水位分佈如附圖 2-11 及 圖 2-12，其流況類似條件(3)，僅其渦流旋轉方向相反。

(二) 開口式長方形港池測試

1. 基本假設

(1) 假設西方開口有一振幅 1 米，週期 12.5 小時之潮波(正弦波)，沒有時間延時，其他週圍封閉不透水，沒有 Source 及 Sink。

(2) - (7) 條件同封閉長方形湖泊條件。

2. 計算結果

風速 = 30 節， 風向：西風

潮汐振幅 = 1 米 週期 = 12.5 小時

在 $t = 1000$ 秒 ~ 22000 秒之間，流況分佈如附圖 2-13 流向主要受潮波影響，平均流向往東，流速隨時間增加而增大，但須經甚長時間才由大減小。

參、台中港港口流速分佈計算結果

因台中港現有潮位資料，海流資料及風場資料不多，邊界條件取得不易，為更能進一步數值模擬現場狀況，將數值計算分兩個階段進行。第一階段取台中港附近較大區域範圍稱為 L 區域，如附圖 3-1，其大小約為 12 公里 x 10 公里，計算流速及水位。第二階段取台中港港口附近小區域範圍稱為 S 區域，如附圖 3-2，大小約為 5 公里 x 4 公里，小網點間距離約為 40 - 200 公尺。第二階段之邊界條件取用第一階段計算之部份結果。防波堤佈置分為現有佈置案，如圖 3-1，稱為 A 式佈置及擴建佈置案，沿航道方向延長北防坡堤，如圖 3-3，稱為 B 式佈置，擴建佈置案沿現有北防波堤深水段方向延伸北堤，如圖 3-4，稱為 C 式佈置等三種不同佈置方案，防波堤延長的長度則分別考慮 850 公尺及 1000 公尺二種。茲將流速分佈計算結果敘述如后：

一、各種防波堤佈置方案大區域（L 區域）初步計算過程及結果：

（一）網格點：首先將三角形網格點覆蓋在台中港附近海域上（L 區域），A 式佈置海岸線及現有防波堤佈置之三角形網格結構如圖 3-5。三角形網格點間之距離約為 80 ~ 800 公尺。

（二）潮汐：因現場實測潮汐水位資料僅台中港南內堤一測點，因此對外海邊界潮汐水位變化，係假設港口北邊與南邊潮位變化曲線與港內潮位形態一致，但其間存有一相位差。

(三) 風速：分析北堤 20 米高之實測資料，假設全區域之風場為均勻條件。取用冬季東北季風，平均風速 40 節及 50 節等二種條件加以計算，並比較流況之大小。

(四) 水深：水深資料採用台中港務局提供之海圖輸入對應座標點水深，如圖 3-6。網格點之水深則採三角線性內差求得。

(五) 計算實例：選擇冬季較大東北季風（平均風速約 40 節），期間平均潮汐水位差約為 4 米之條件加以計算。整個數值計算時間為 50000 秒（約一個半日潮週期）。設平均潮位時為時間起始點（ $T = 0$ 小時）， $T = 3.1$ 小時為高潮位點， $T = 9.3$ 小時為低潮位點。茲將計算結果概述如下：

1. 現有防坡堤 A 式佈置計算所得，流況如圖 3-7。受北防波堤東流影響，港口有顯著之橫流，堤頭附近流況較為亂，流速稍大，遠離防波堤則呈均勻流狀態。
2. 北防波堤沿航道延長 850 公尺，B 式佈置計算結果流速分佈如圖 3-8。圖中顯示北堤堤頭附近流速較大，南側遮蔽區之流速遠較離岸區為小。
3. 北防波堤沿現有深水段延長 850 m，C 式佈置並無顯著差異，防波堤南側遮蔽區流速甚小，在堤頭處存有小型迴流現象。

二、各種防波堤佈置方案小區域 (S 區域) 計算結果：為詳細了解台中港口附近地區流況分佈狀況，將計算區域縮小為 S 區域，並引用 L 區域計算所求得之部份結果，作為第二次計算之邊界條件。在冬季東北季風平均風速約為 40 節，平均潮位差 4 米之條件下，現有防波堤佈置，港口附近流況如圖 3-10。防波堤擴建計畫沿航道延長北防坡堤 850 m，計算結果港口附近流況則分別如圖 3-11 及 3-12 所示。在較強東北季風吹襲下（平均風速為 50 節），計算結果流況分佈型態如附圖 3-13。流況分佈形態並無明顯改變，僅其速度隨風速增大而略為加大。為更進一步了解北堤延長對流況之分佈影響，防波堤長度增加為 1000 公尺，計算流況分佈圖如圖 3-14。計算結果顯示，如北堤延伸長度增加在港口處之流速有有減弱之趨勢。

肆、結論及討論

- 一、現有防波堤佈置，在強勁冬季東北季風吹襲之下，堤頭附近流況較亂，港口缺乏遮蔽，直接受外海橫流影響，使船隻進港受威脅。擴建港口延伸北防波堤 850 m 不論沿航道（B式佈置）或北堤深水段（C式佈置），均能將港口水流向外海，使北堤南側遮蔽區內獲得較穩靜，流速較緩之水域，對進港船隻有極大助益。遮蔽區內流況隨北堤延長為1000公尺之狀況，其流速有減弱之趨勢。
- 二、數值模式計算結果是否準確可靠，決定於現場校驗資料，為使本模式更實用，計算結果更可靠，有待做更廣泛的實測資料驗證工作。
- 三、本模式考慮之自然外力為潮汐與風受水深及防波堤構造物邊界影響所產生之流場變化。波浪作用所產生之效應未直接納入考慮，為提高模式模擬原型真實性，應將波浪作用效應併入考慮。
- 四、本模式為單層模式，適用於垂直方向各項物理量變化不大、流場均勻之情況。對較複雜之流況，則最好能採用雙層或多層模式，建立三度空間模式則為最佳途徑。

伍、參考文獻

1. 梁乃匡，曾相茂，"台中港流況調查研究"，港灣技術研究所專刊第六號，71.12。
2. 梁乃匡，張金機等，"台中海岸流況調查研究"，港灣技術研究所基本研究 72-研(二)，72.9。
3. 梁乃匡，張金機等，"台灣四週海象、氣象調查研究(一)" 港灣技術研究所，基本研究 75-研(二)，75.6。
4. John D. Wang & Terome J. Connor, "Mathematical modeling of near coastal circulation" M.I.T. Report No. 200, April, 1975。
5. Richard H.F. Pao "Fluid Dynamics" The Tan Ching Book Co., 1973.
6. T.J. Chung, "Finite element analysis in Fluid Dynamics", McGraw - Hill, Inc. 1978。
7. Jerone J. Connor "A two-dimensional finite element circulation model", MIT Report No. 217 Sep. 1976.

陸、誌謝

本計劃之完成有賴本所 VAX - 780 電腦系統完全配合及參與人員通力合作，楊怡芸小姐在現場資料整理建檔、台中港區海圖讀取建檔；張喆音小姐數值模式大量程式鍵入、報告整理、繕打、校對；陳錫奎先生在繪圖程式大力協助，在此敬表謝意。

柒

附

錄

一、 附 表

1. 表 2 - 1 : 海底摩擦係數 C 值表

Bottom roughness k_s (m)	$\frac{H}{k_s}$ [sec ^{-1/3}]	1	2	5	10	20	30	40	50	100
Stone 0.07	0.025	0.0061	0.0049	0.0036	0.0028	0.0023	0.0020	0.0018	0.0017	0.0013
Small rocks 0.20	0.030	0.0088	0.0070	0.0052	0.0041	0.0033	0.0028	0.0026	0.0024	0.0019
Dunes 0.50	0.035	-	0.0095	0.0070	0.0056	0.0044	0.0039	0.0035	0.0033	0.0026
1.10	0.040	-	-	0.0092	0.0073	0.0058	0.0051	0.0046	0.0043	0.0034

表 2-1 : 海底摩擦係數 C_f 值

二、 附 圖

1. 圖 2-1 (a) 座標軸示意圖	25
2. 圖 2-1 (b) 水面及海底座標示意圖	26
3. 圖 2-1 (c) 區域邊界示意圖	27
4. 圖 2-1 (d) 水表面外力示意圖	27
5. 圖 2-2 長方形封閉湖泊	28
6. 圖 2-3 單開口長方形港池	28
7. 圖 2-4 元素及結點圖	28
8. 圖 2-5 長方形封閉湖泊流速分佈圖 (西風, 平均風速 30 節).....	29
9. 圖 2-6 長方形封閉湖泊水位分佈圖 (西風, 平均風速 30 節).....	30
10. 圖 2-7 長方形封閉湖泊流速分佈圖 (東風, 平均風速 30 節).....	31
11. 圖 2-8 長方形封閉湖泊水位分佈圖 (東風, 平均風速 30 節)	32
12. 圖 2-9 長方形封閉湖泊流速分佈圖 (北風, 平均風速 30 節).....	33
13. 圖 2-10 長方形封閉湖泊水位分佈圖 (北風, 平均風速 30 節).....	34
14. 圖 2-11 長方形封閉湖泊流速分佈圖 (南風, 平均風速 30 節).....	35
15. 圖 2-12 長方形封閉湖泊水位分佈圖 (南風, 平均風速 30 節).....	36

16. 圖 2-13 (a) 單開口長方形港池流速分佈圖	37
(西風, 平均風速30節, 潮位振幅 1公尺, 週期12.5小時)	
17. 圖 3-1 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置圖	40
18. 圖 3-2 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置圖	41
19. 圖 3-3 台中港大區域 (L 區域) B 式佈置圖	42
20. 圖 3-4 台中港大區域 (L 區域) C 式佈置圖	43
21. 圖 3-5 有限元素法三角網格點示意圖	44
22. 圖 3-6 台中港區附近水深示意圖	45
23. 圖 3-7 台中港大區域 (L區域) A式佈置流速分佈圖....	46
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)	
24. 圖 3-8 台中港大區域 (L區域) B-1式佈置流速分佈圖...	53
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)	
25. 圖 3-9 台中港大區域 (L區域) C-1式佈置流速分佈圖 ..	60
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)	
26. 圖 3-10 台中港小區域 (S區域) A式佈置流速分佈圖 ...	67
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)	
27. 圖 3-11 台中港小區域 (S區域) B-1式佈置流速分佈圖..	74
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)	
28. 圖 3-12 台中港小區域 (S區域) C-1式佈置流速分佈圖..	81
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)	
29. 圖 3-13 台中港小區域 (S區域) B-1式佈置流速分佈圖..	88
(東北風, 平均風速 50 節, 平均潮差 4公尺)	
30. 圖 3-14 台中港小區域 (S區域) B-2式佈置流速分佈圖..	92
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4 公尺)	

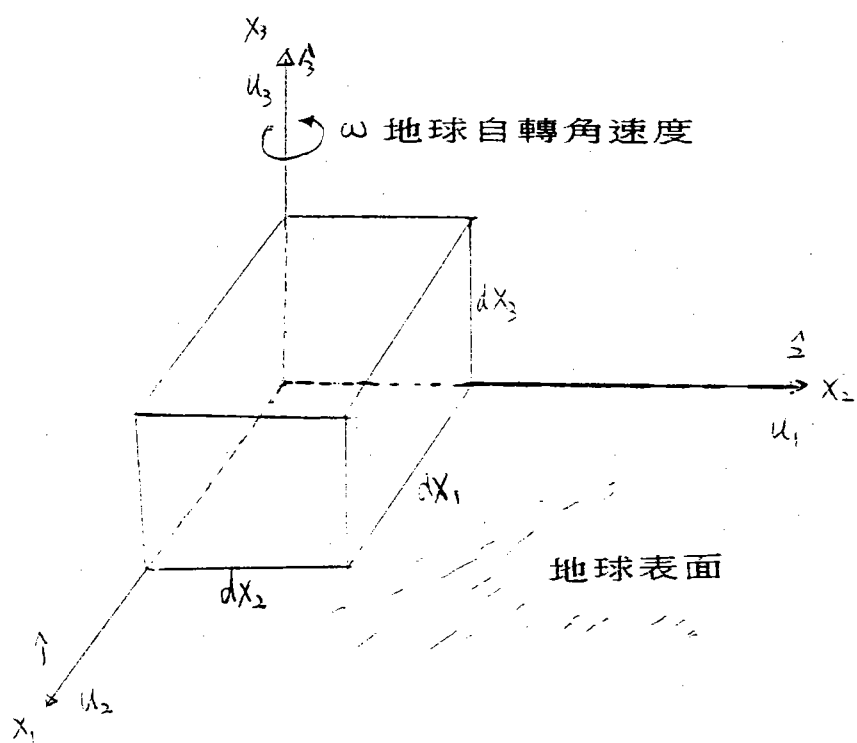


圖 2-1 (a) 座標軸示意圖

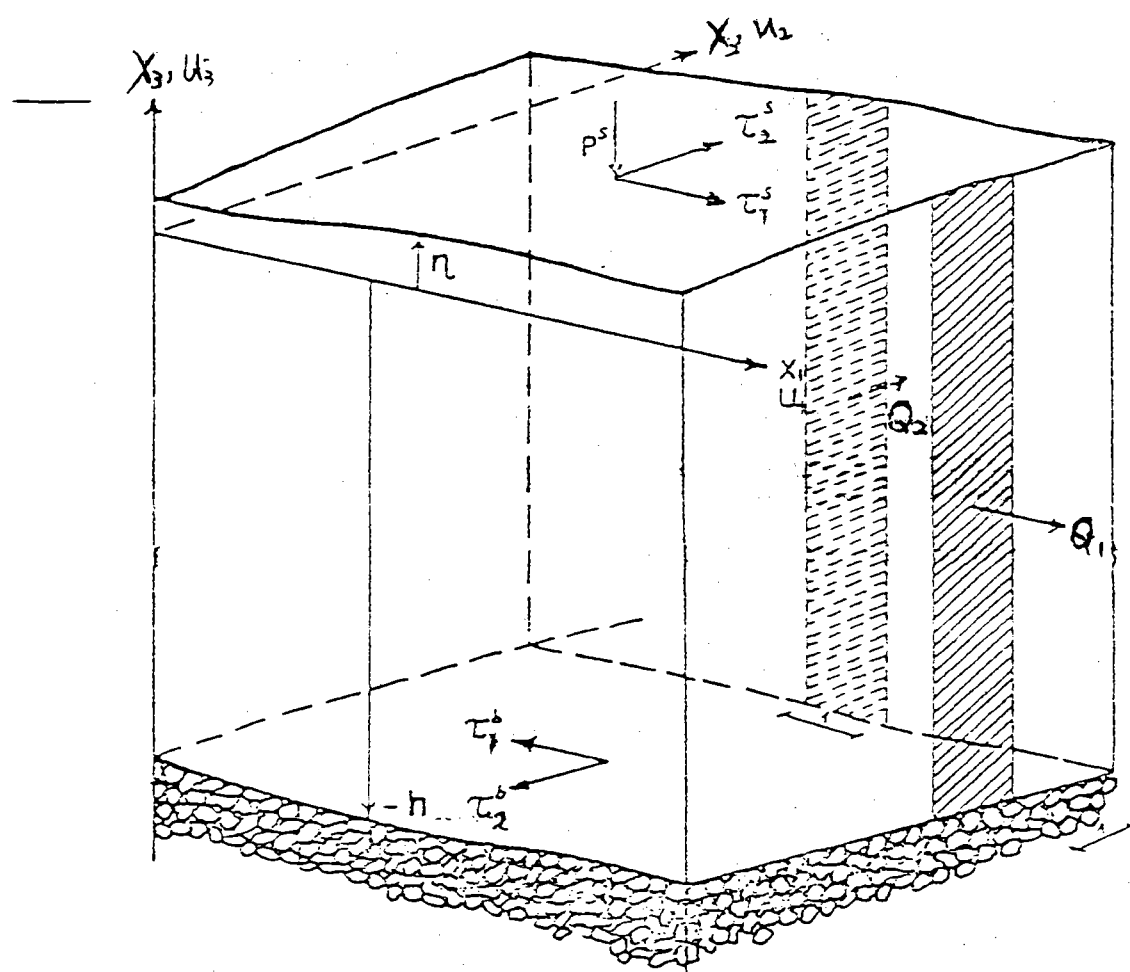


圖 2-1 (b) 水面及海底座標示意圖

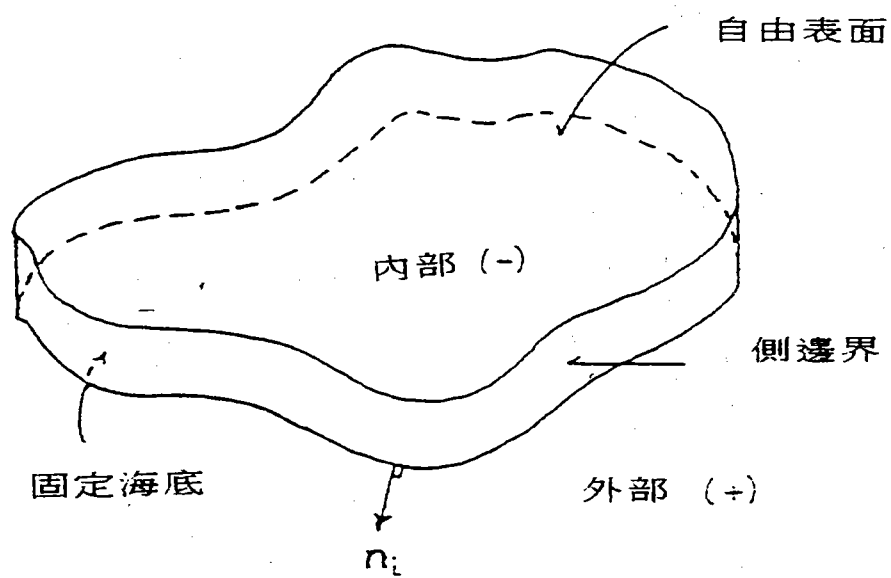


圖 2-1 (c) 區域邊界示意圖

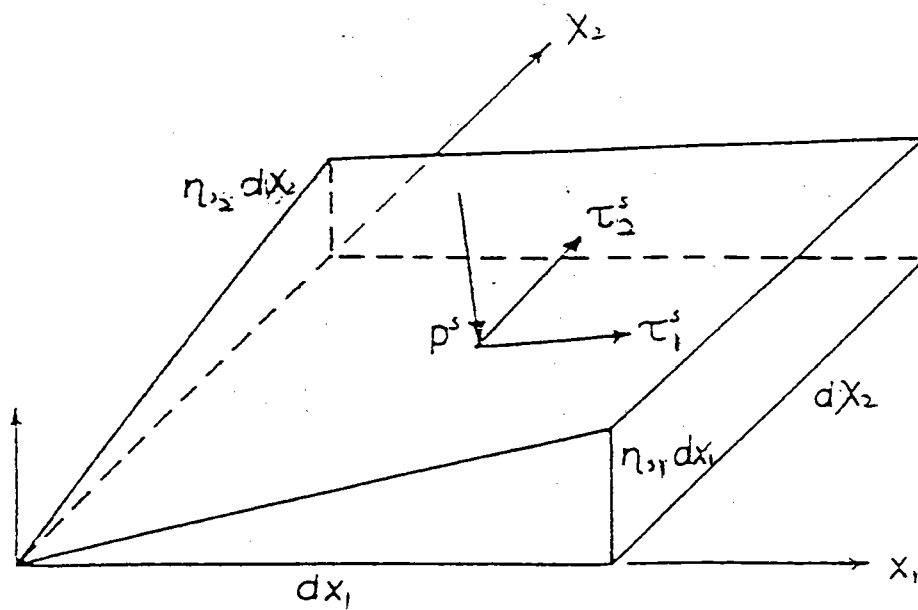


圖 2-1 (d) 水表面外力示意圖

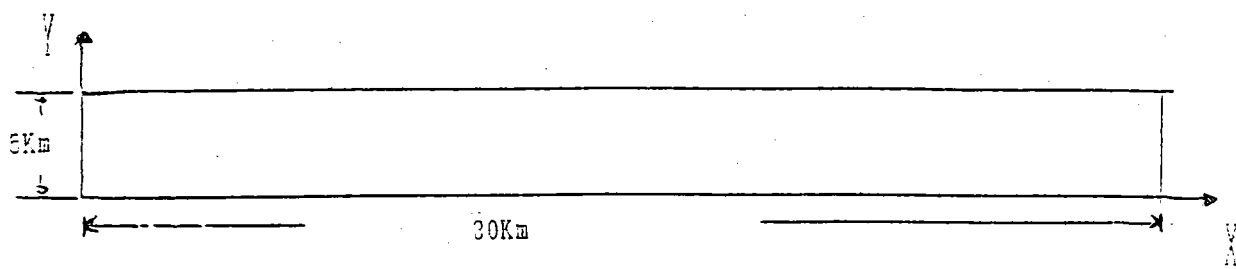


圖 2-2 長方形封閉湖泊

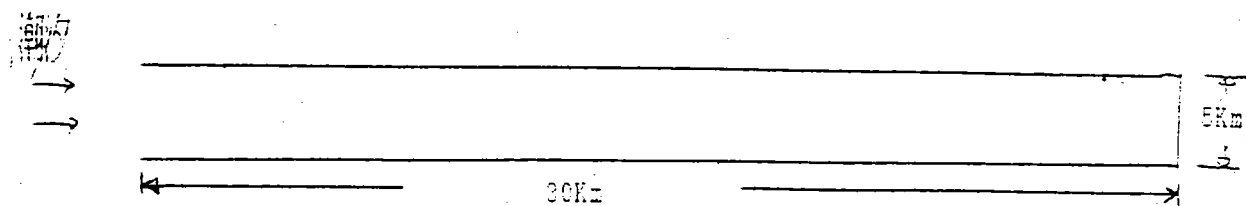


圖 2-3 單開口長方形港池

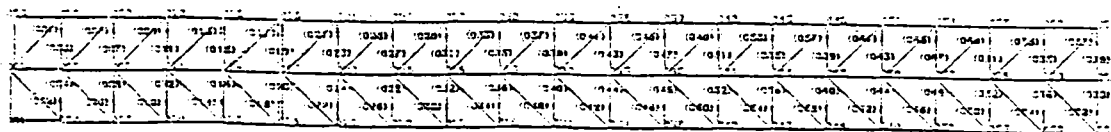


圖 2-4 元素及結點圖

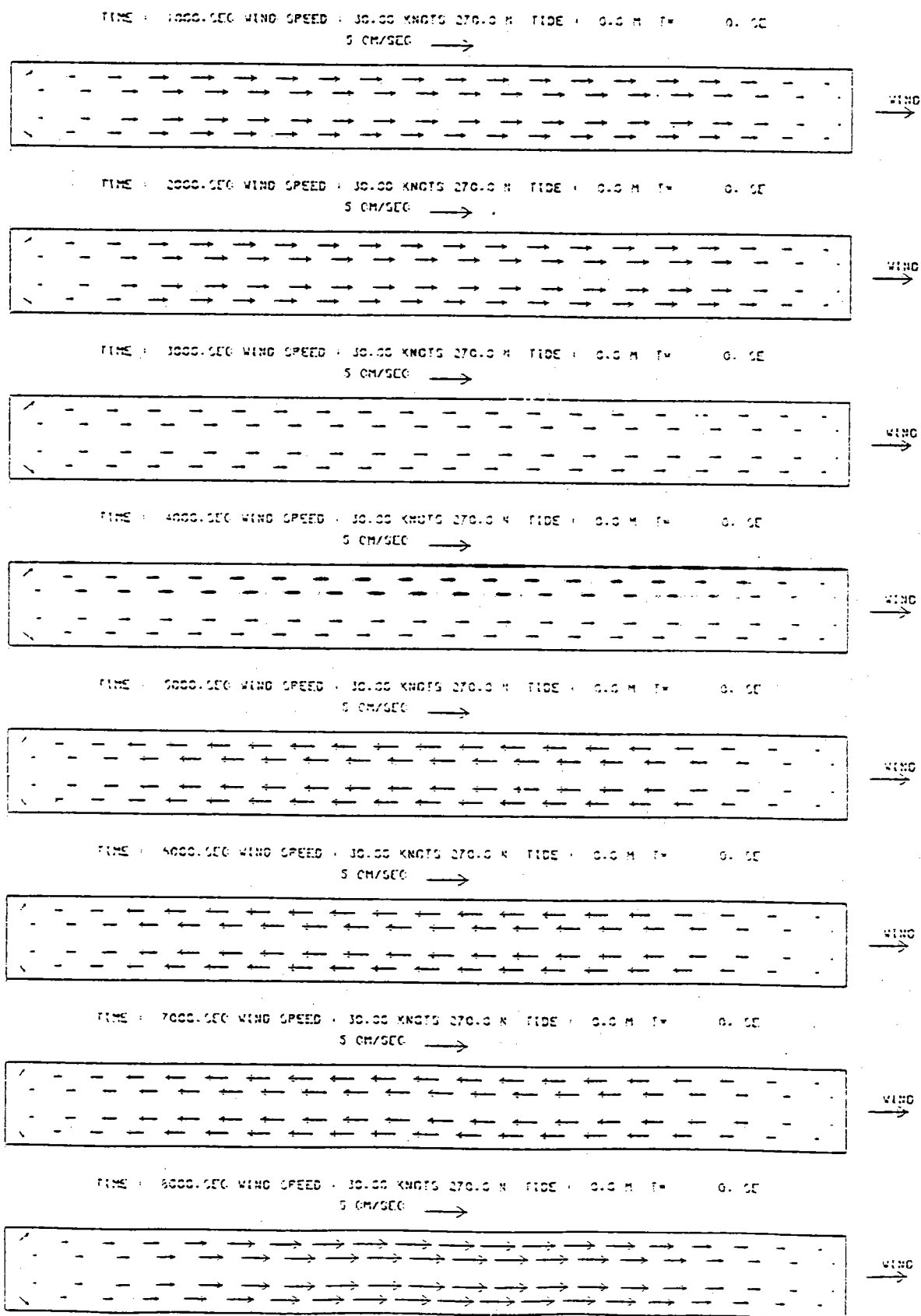


圖 2-5 長方形封閉湖泊流速分佈圖 (西風, 平均風速 30 節)

TIME : 1000.00 WIND SPEED : 30.00 KNOTS 270.0 N TIDE : 0.0 M TW 0. SE

795	796	797	797	796	799	799	799	800	799	799	799	799	800	800	801	801	802	803	803
795	796	797	797	796	799	799	799	800	800	799	799	799	800	800	801	801	802	803	804
795	796	797	797	796	799	799	800	800	800	800	799	800	800	800	801	802	803	803	804
795	796	797	797	796	799	799	800	800	800	800	799	800	800	801	801	802	803	803	804

WIND →

TIME : 2000.00 WIND SPEED : 30.00 KNOTS 270.0 N TIDE : 0.0 M TW 0. SE

792	791	792	793	793	794	795	796	797	799	800	801	802	804	805	805	806	807	807	808
791	792	792	793	793	794	795	797	796	799	800	802	803	804	805	806	806	807	808	809
791	792	792	793	794	794	795	797	796	799	800	802	803	804	805	806	807	807	808	809
792	791	792	793	793	794	795	796	797	799	800	801	802	804	805	806	806	807	807	809

WIND →

TIME : 3000.00 WIND SPEED : 30.00 KNOTS 270.0 N TIDE : 0.0 M TW 0. SE

767	766	769	791	792	794	795	796	797	799	800	801	803	804	805	806	806	808	810	811
766	769	792	791	792	794	795	797	796	799	800	802	803	804	805	807	806	810	811	812
766	769	792	791	793	794	795	797	796	799	800	802	803	804	806	807	806	810	811	812
767	766	769	791	792	793	795	796	797	799	800	801	803	804	805	806	806	809	810	811

WIND →

TIME : 4000.00 WIND SPEED : 30.00 KNOTS 270.0 N TIDE : 0.0 M TW 0. SE

792	792	793	794	794	795	796	797	796	799	800	801	802	803	804	804	805	806	806	807
792	792	793	794	795	795	796	797	796	799	800	802	802	803	804	805	805	806	807	807
792	793	793	794	795	795	796	797	796	799	800	802	802	803	804	805	805	806	807	807
792	792	793	794	794	795	796	797	796	799	800	801	802	803	804	804	805	806	806	807

WIND →

TIME : 5000.00 WIND SPEED : 30.00 KNOTS 270.0 N TIDE : 0.0 M TW 0. SE

796	797	797	796	796	799	799	799	799	799	799	800	800	800	800	800	801	801	802	803
796	797	796	796	799	799	799	799	799	799	799	800	800	800	800	800	801	801	802	803
796	797	796	796	799	799	799	799	799	799	799	800	800	800	800	800	801	801	802	803
796	797	797	796	796	799	799	799	799	799	799	800	800	800	800	800	801	801	802	803

WIND →

TIME : 6000.00 WIND SPEED : 30.00 KNOTS 270.0 N TIDE : 0.0 M TW 0. SE

797	796	796	799	799	799	799	799	799	799	799	800	800	800	800	800	800	800	801	801
796	796	799	799	799	799	799	799	799	799	799	800	800	800	800	800	800	800	801	801
796	796	799	799	799	799	799	799	799	799	799	800	800	800	800	800	800	800	801	801
797	796	796	799	799	799	799	799	799	799	799	800	800	800	800	800	800	800	801	801

WIND →

TIME : 7000.00 WIND SPEED : 30.00 KNOTS 270.0 N TIDE : 0.0 M TW 0. SE

793	794	795	795	796	797	797	796	796	799	800	800	801	801	802	803	803	804	805	805
794	794	795	795	796	797	796	796	799	799	800	801	801	802	802	803	804	804	805	805
794	794	795	796	796	797	796	796	799	799	800	801	801	802	802	803	804	804	805	806
793	794	795	795	796	797	797	796	799	799	800	800	801	801	802	803	803	804	805	805

WIND →

TIME : 8000.00 WIND SPEED : 30.00 KNOTS 270.0 N TIDE : 0.0 M TW 0. SE

799	799	791	792	793	794	795	796	797	799	800	801	802	803	805	806	807	806	809	809
799	799	791	792	793	794	795	797	796	799	800	802	803	804	805	806	807	806	809	809
799	799	791	792	793	794	795	797	796	799	800	802	803	804	805	806	807	806	809	809
799	799	791	792	793	794	795	796	797	799	800	801	802	803	805	806	807	806	809	809

WIND →

圖 2-7 長方形封閉湖泊流速分佈圖 (東風, 平均風速 30 節)

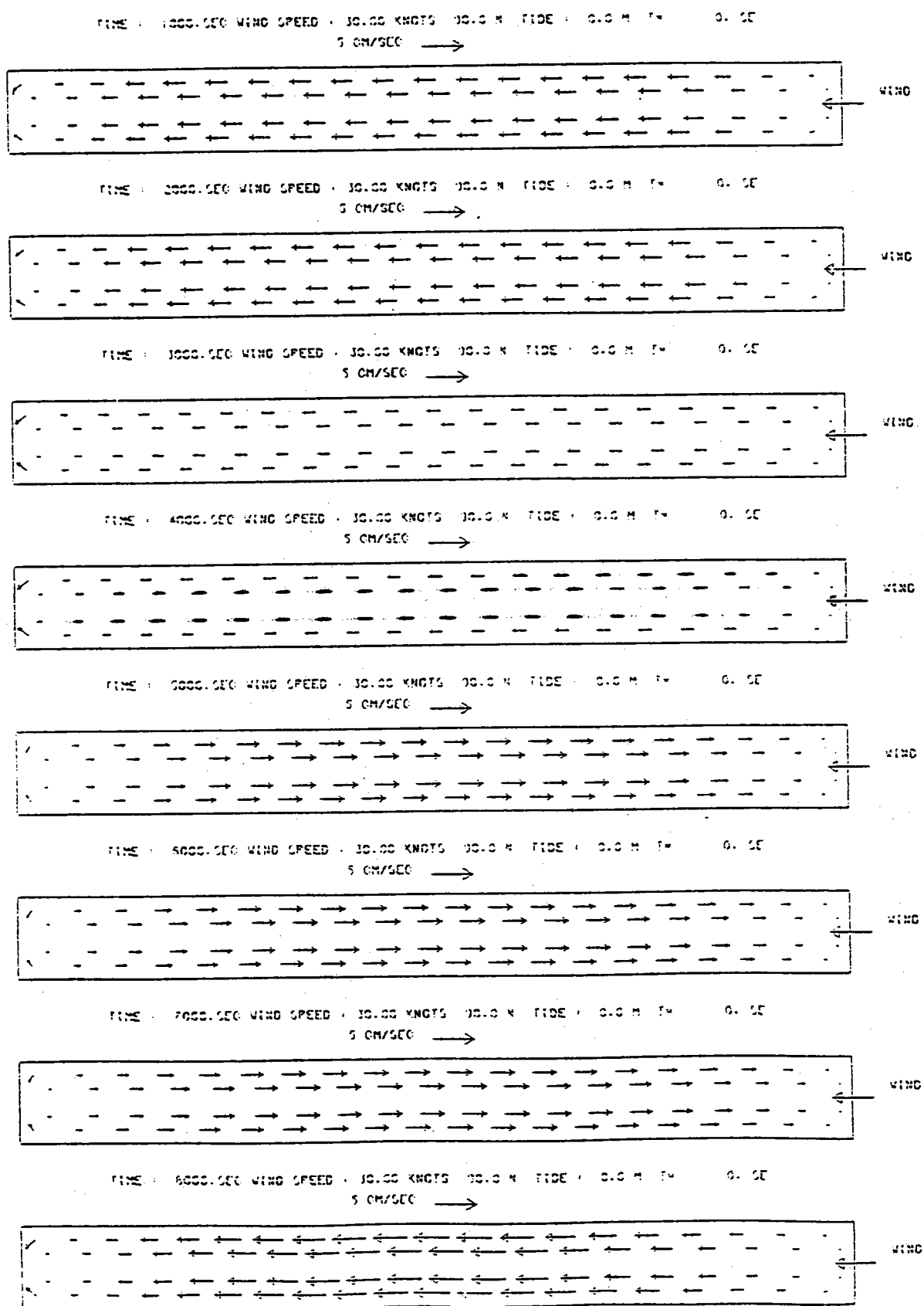


圖 2-6 長方形封閉湖泊水位分佈圖 (西風, 平均風速 30 節)

東風封閉湖泊



圖 2-8 長方形封閉湖泊水位分佈圖 (東風, 平均風速 30 節)

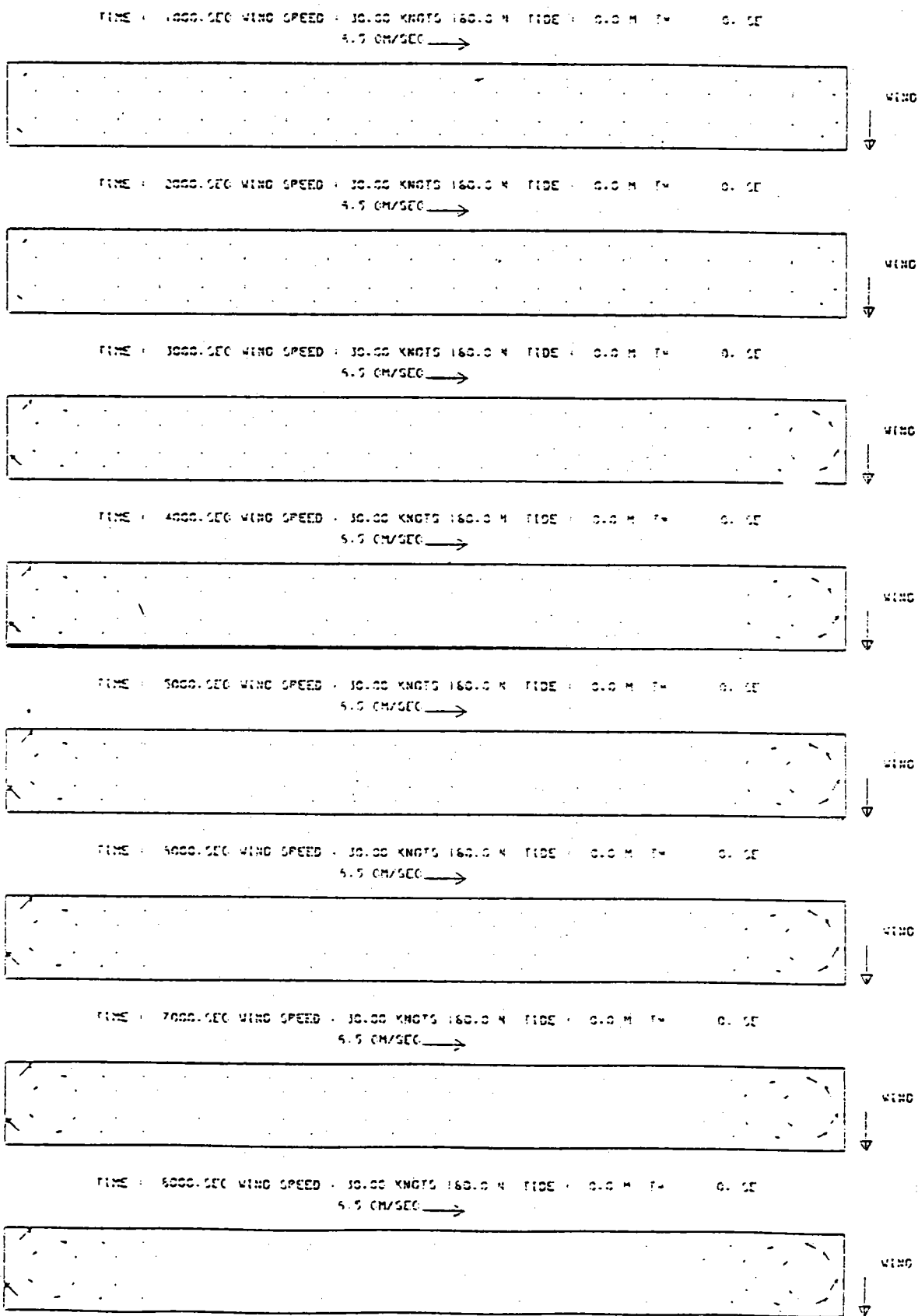
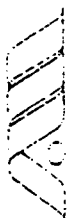


圖 2-9 長方形封閉湖泊流速分佈圖 (北風, 平均風速 30 節)

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

1433

TIME = 1000.000 WIND SPEED = 30.00 KNOTS 0.0 M TIDE = 0.0 M TW 0.0 SE
5.0 CM/SEC →



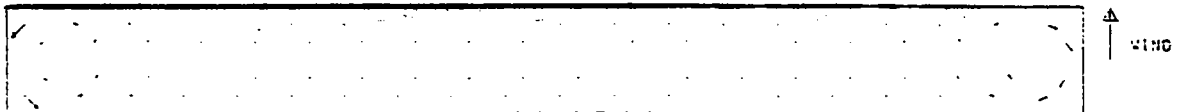
TIME = 2000.000 WIND SPEED = 30.00 KNOTS 0.0 M TIDE = 0.0 M TW 0.0 SE
5.0 CM/SEC →



TIME = 3000.000 WIND SPEED = 30.00 KNOTS 0.0 M TIDE = 0.0 M TW 0.0 SE
5.0 CM/SEC →



TIME = 4000.000 WIND SPEED = 30.00 KNOTS 0.0 M TIDE = 0.0 M TW 0.0 SE
5.0 CM/SEC →



TIME = 5000.000 WIND SPEED = 30.00 KNOTS 0.0 M TIDE = 0.0 M TW 0.0 SE
5.0 CM/SEC →



TIME = 6000.000 WIND SPEED = 30.00 KNOTS 0.0 M TIDE = 0.0 M TW 0.0 SE
5.0 CM/SEC →



TIME = 7000.000 WIND SPEED = 30.00 KNOTS 0.0 M TIDE = 0.0 M TW 0.0 SE
5.0 CM/SEC →



TIME = 8000.000 WIND SPEED = 30.00 KNOTS 0.0 M TIDE = 0.0 M TW 0.0 SE
5.0 CM/SEC →

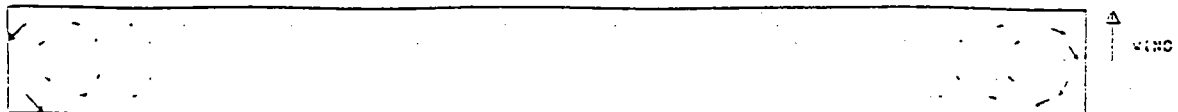


圖 2-11 長方形封閉湖泊流速分佈圖 (南風, 平均風速 30 節)

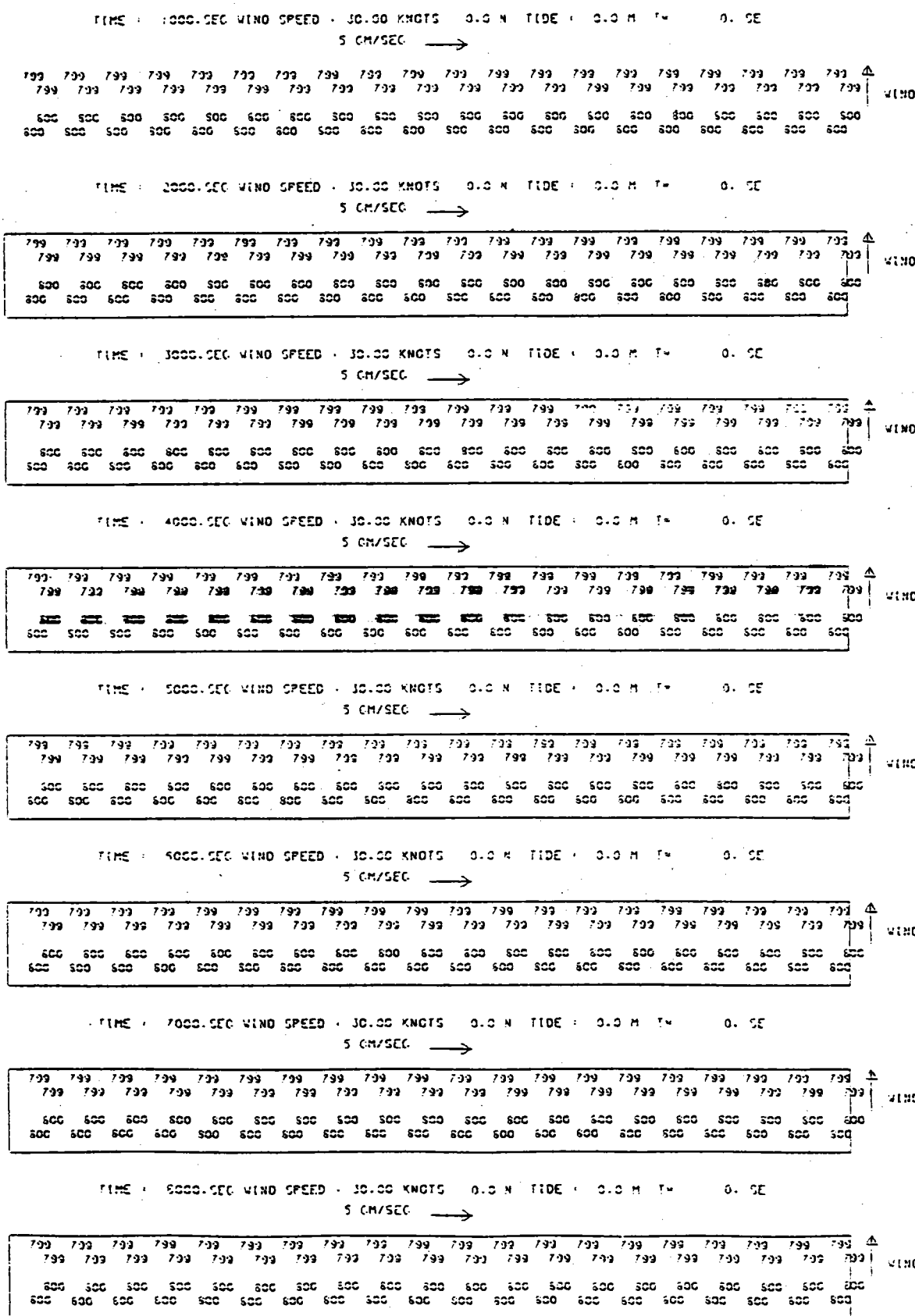


圖 2-12 長方形封閉湖泊水位分佈圖 (南風, 平均風速 30 節)

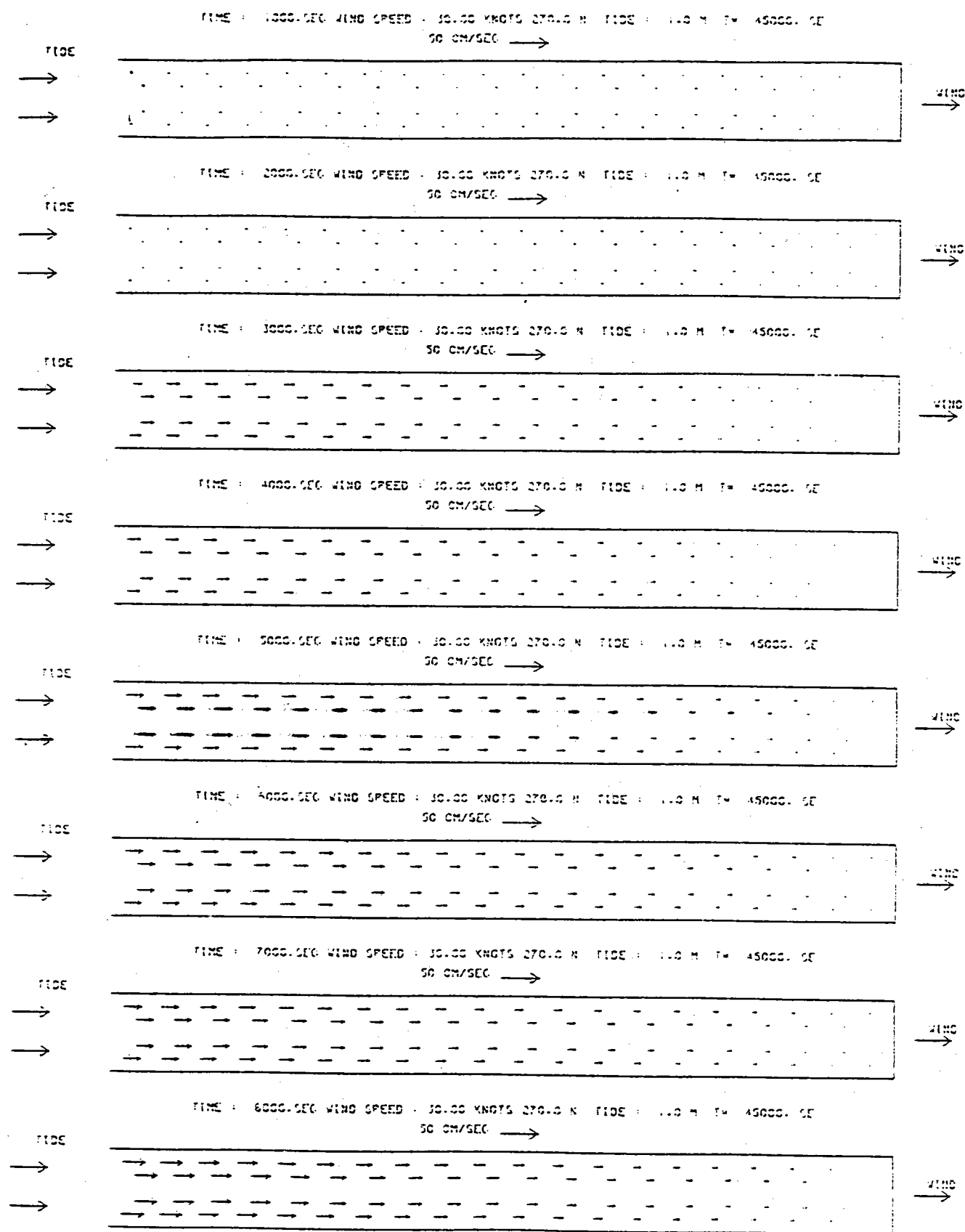


圖 2-13 (a) 單開口長方形港池流速分佈圖

(西風，平均風速 30 節，潮位振幅 1公尺，週期 12.5小時)

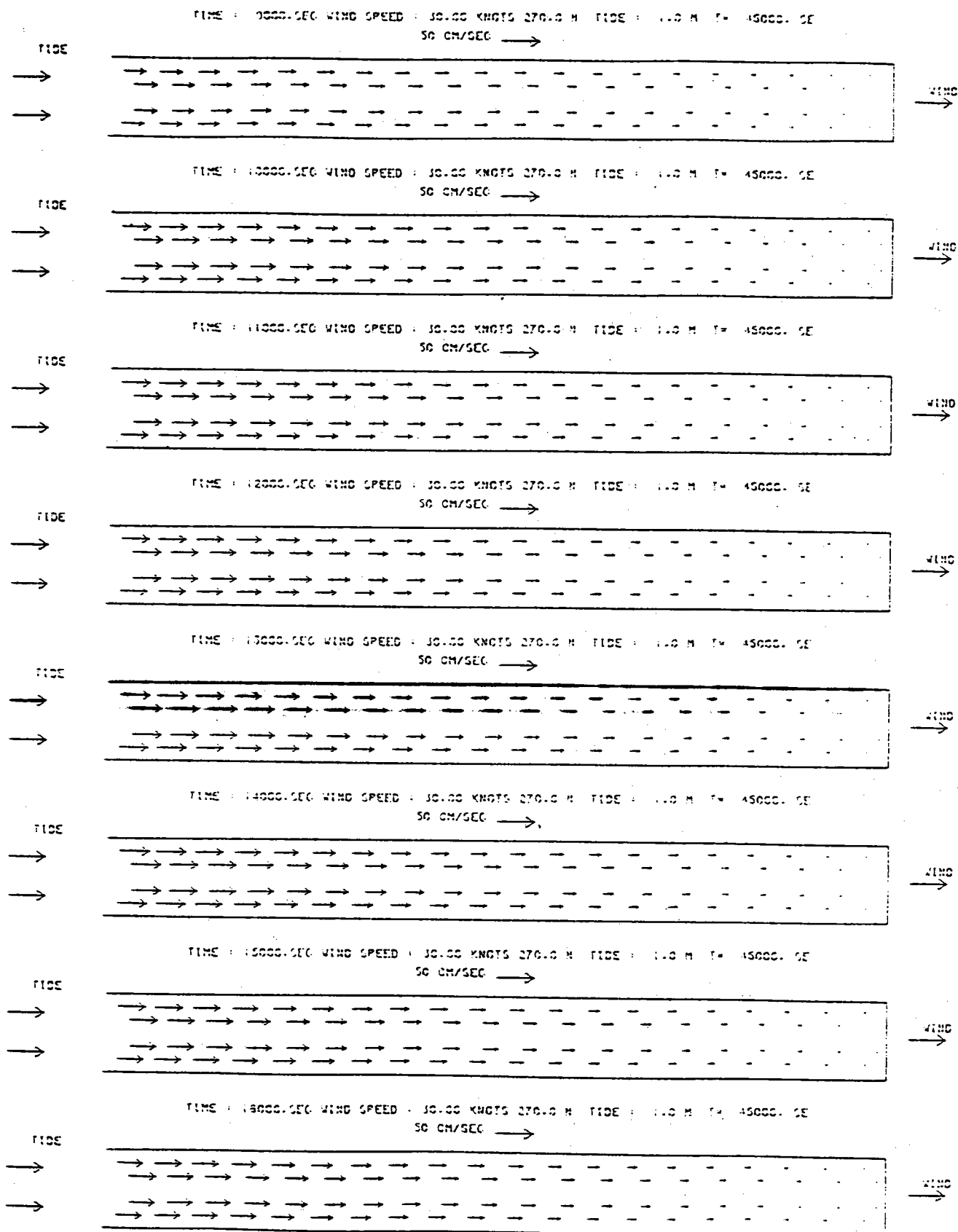


圖 2-13 (b) 單開口長方形港池流速分佈圖

(西風，平均風速 30 節，潮位振幅 1公尺，週期 12.5小時)

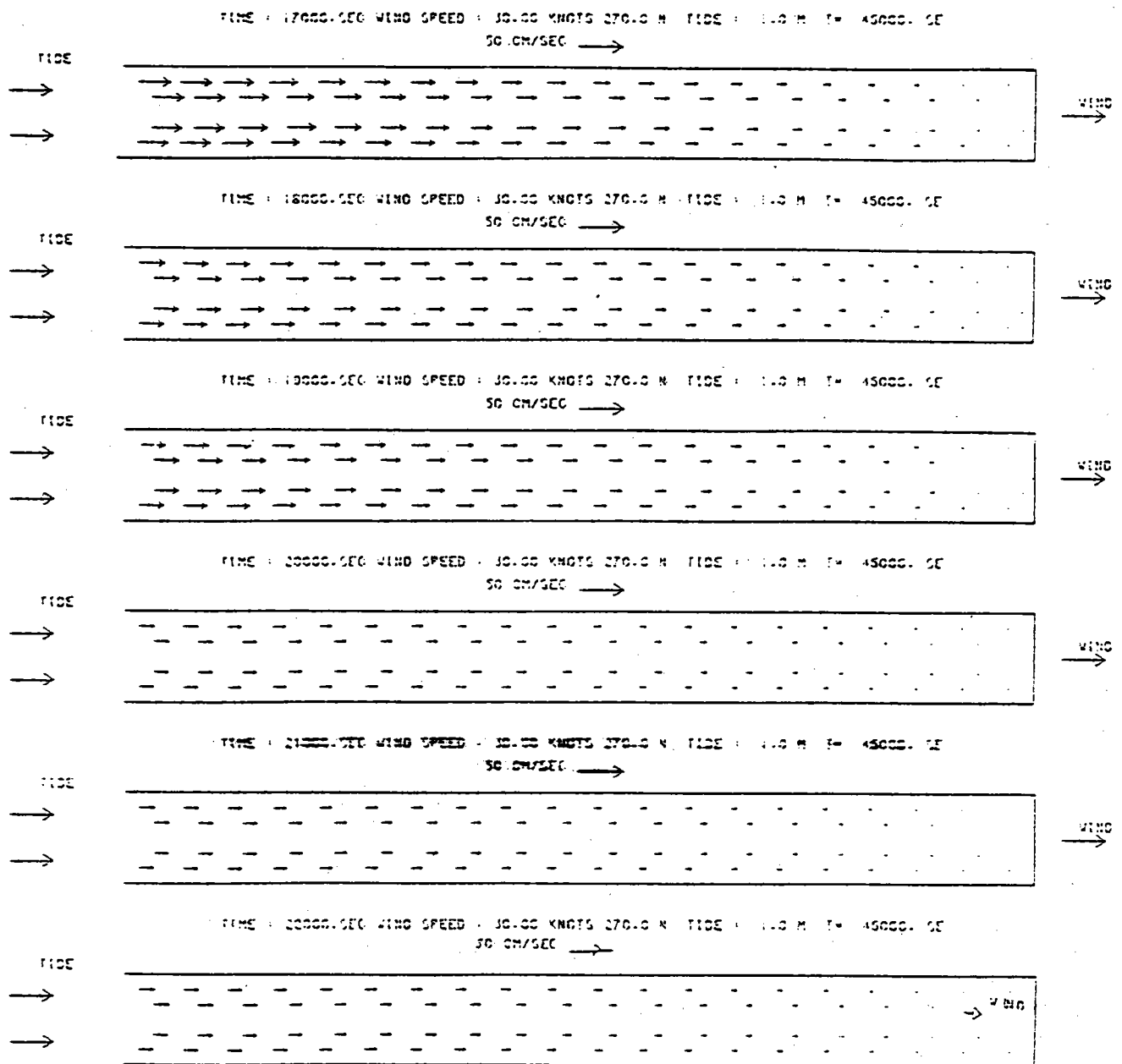


圖 2-13 (c) 單開口長方形港池流速分佈圖

(西風，平均風速 30 節，潮位振幅 1公尺，週期 12.5小時)

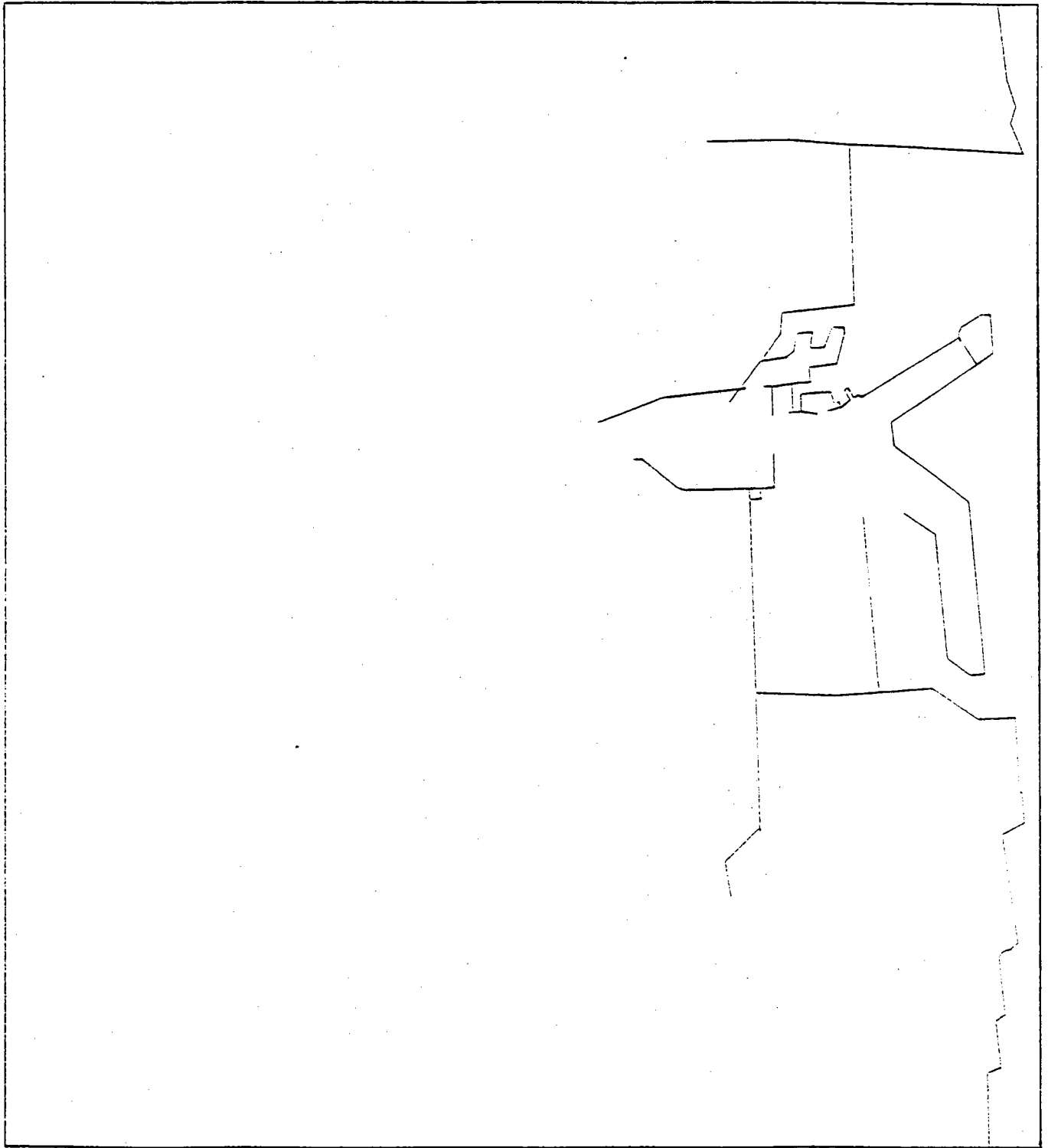


圖 3-1 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置圖

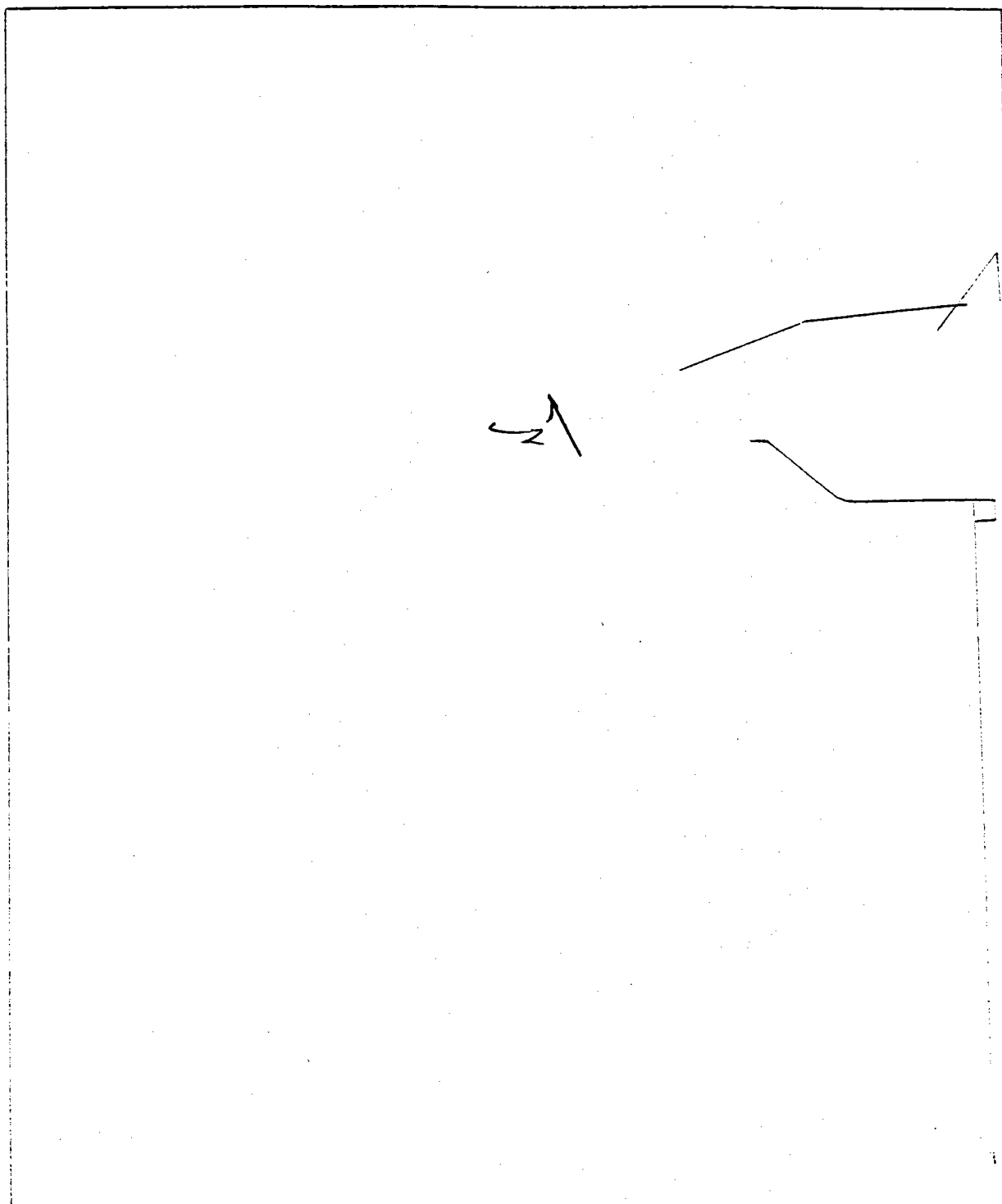


圖 3-2 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置圖

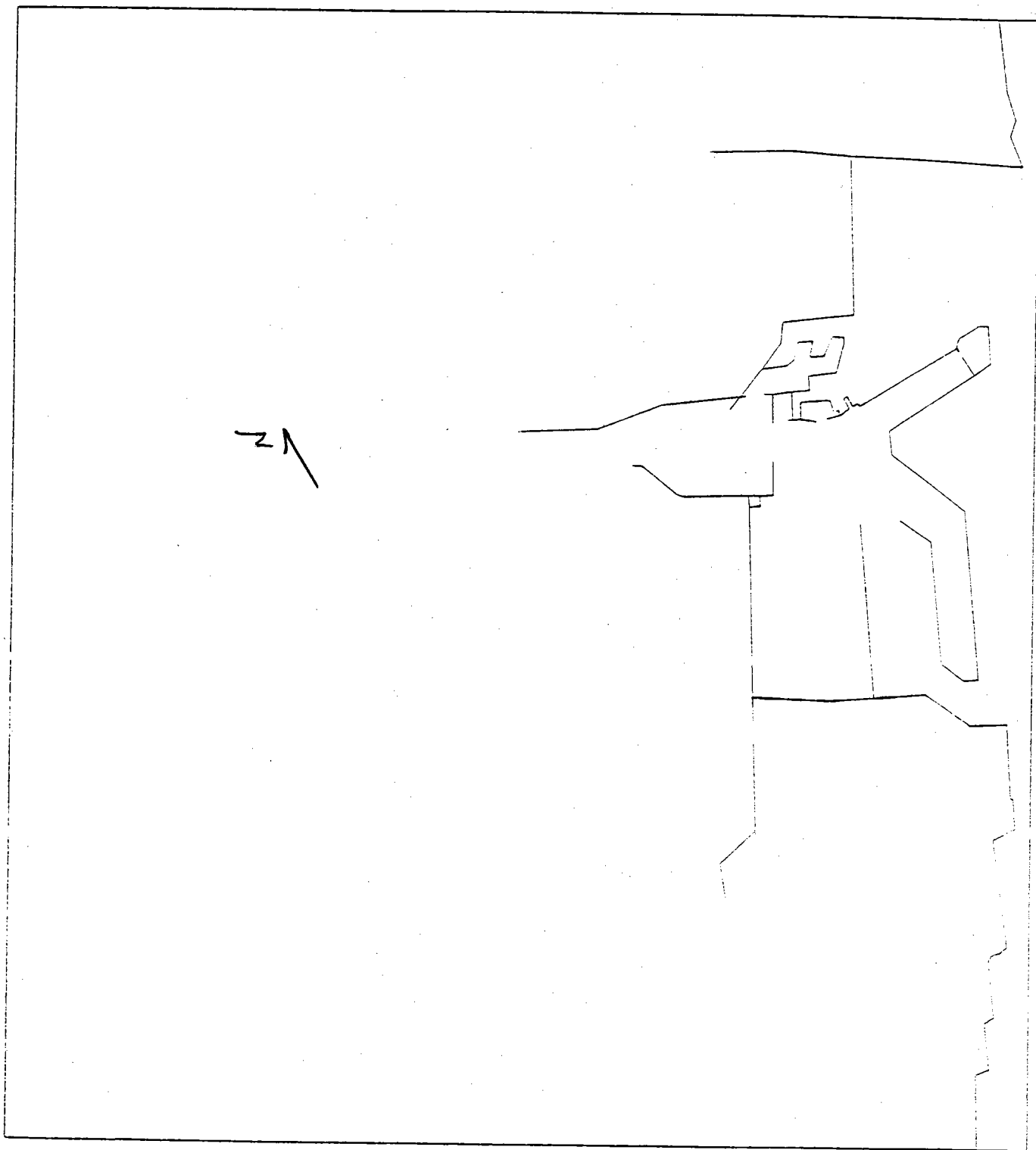


圖 3-3 台中港大區域 (L 區域) B 式佈置圖

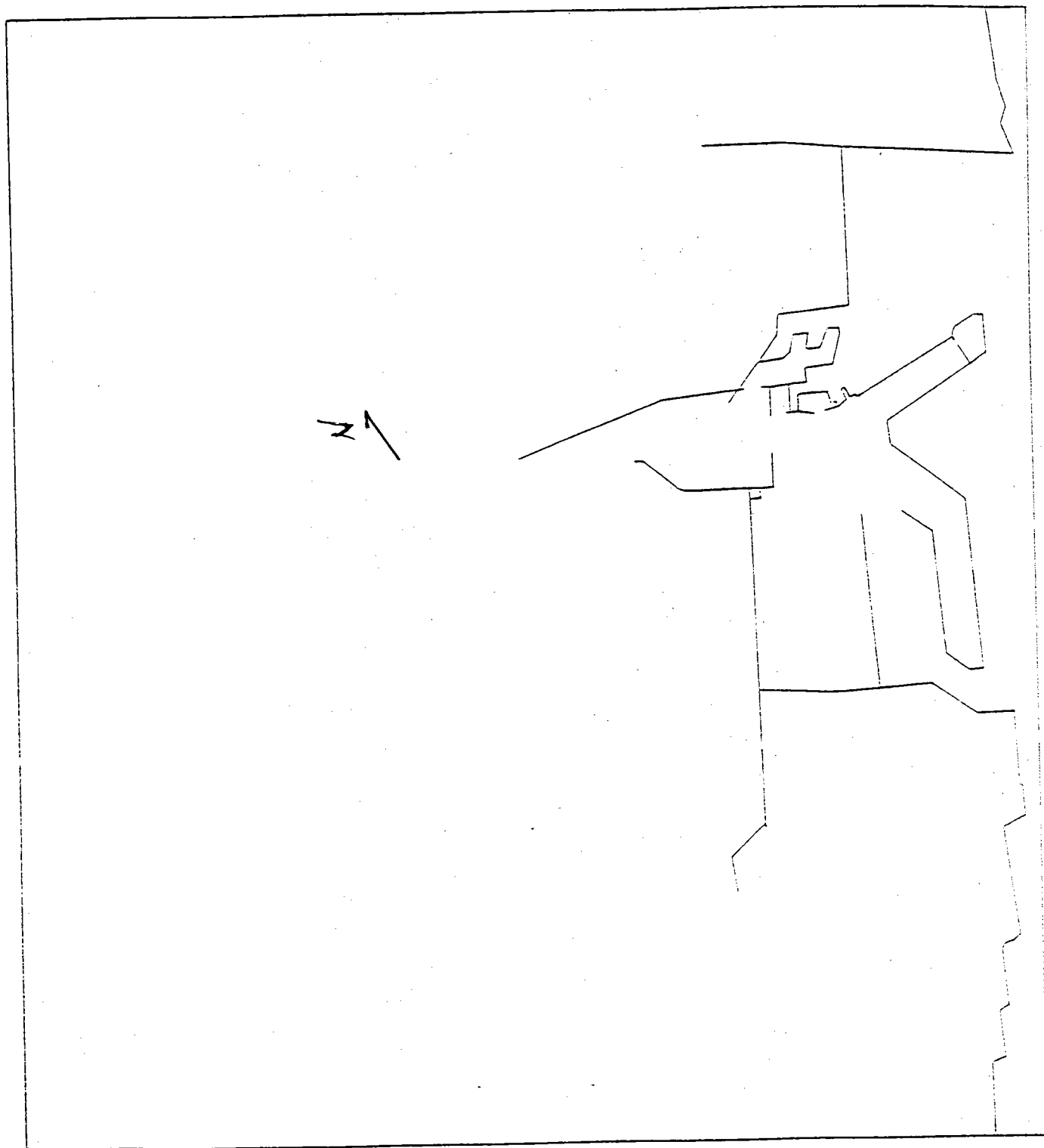


圖 3-4 台中港大區域 (L 區域) C 式佈置圖

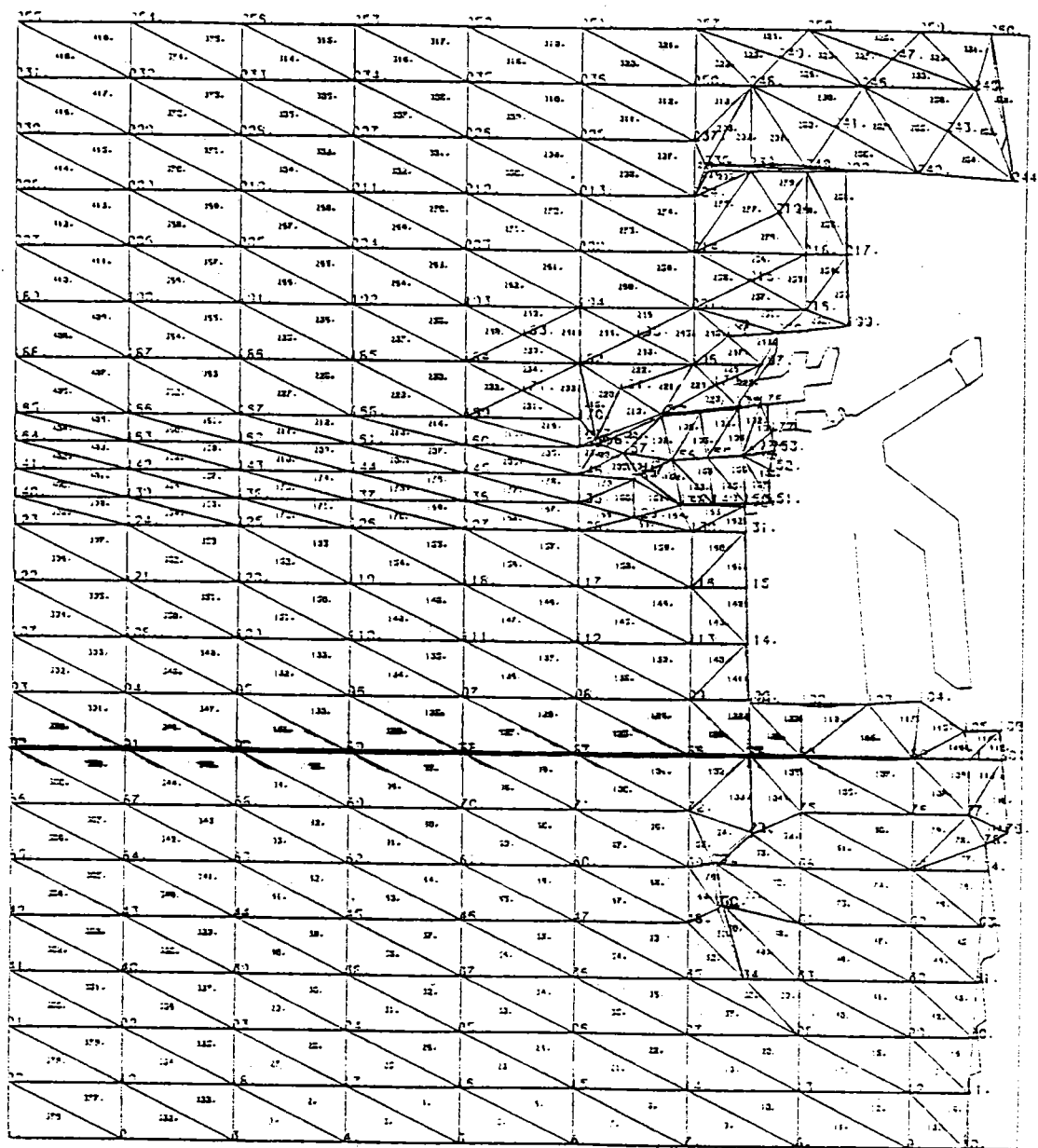


圖 3-5 有限元素法三角網格點示意圖

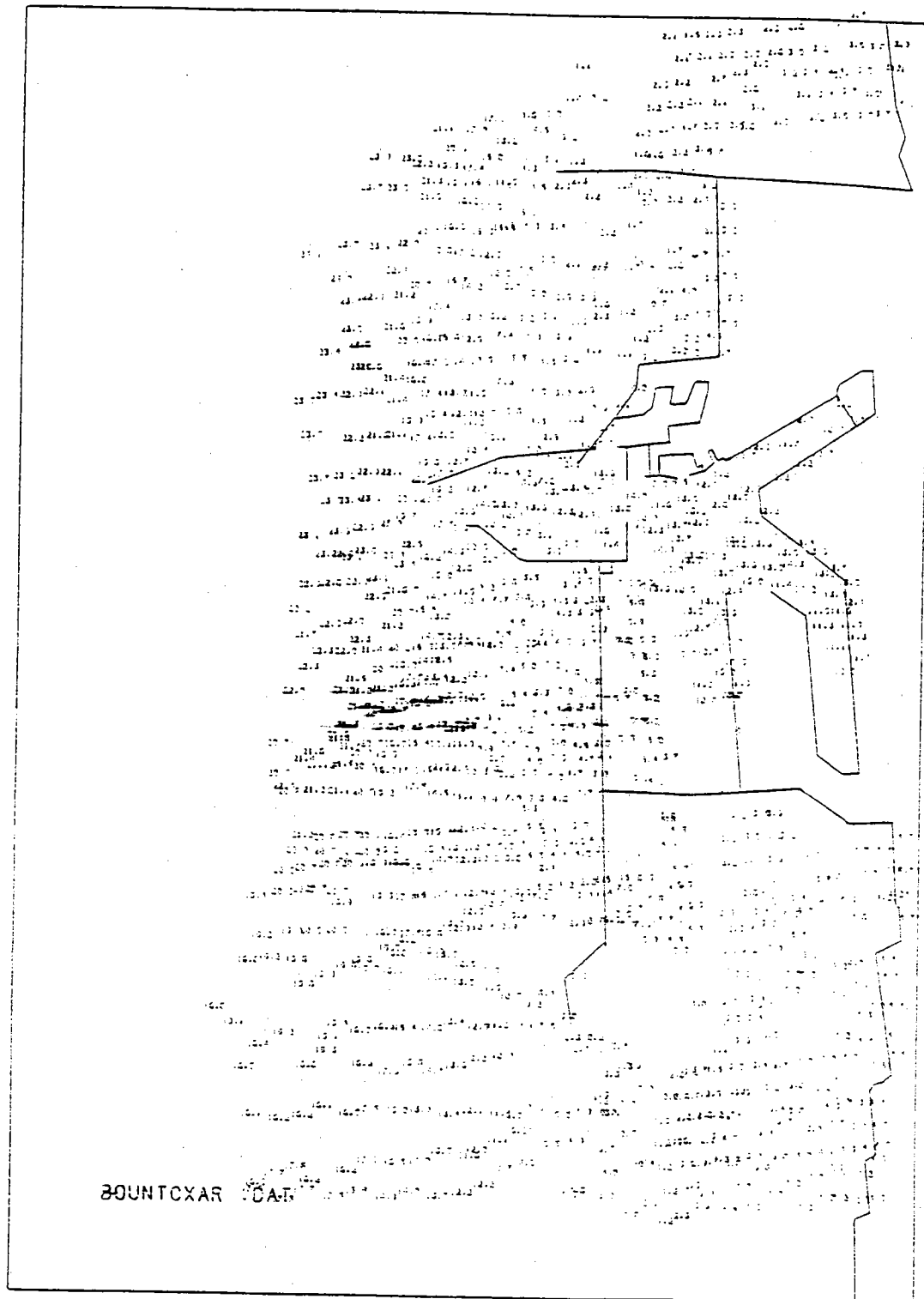


圖 3-6 台中港區附近水深示意圖

TIME : 1.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCXND) 40 CM/SEC

N TIDE : 4 M T= 12.50 HR

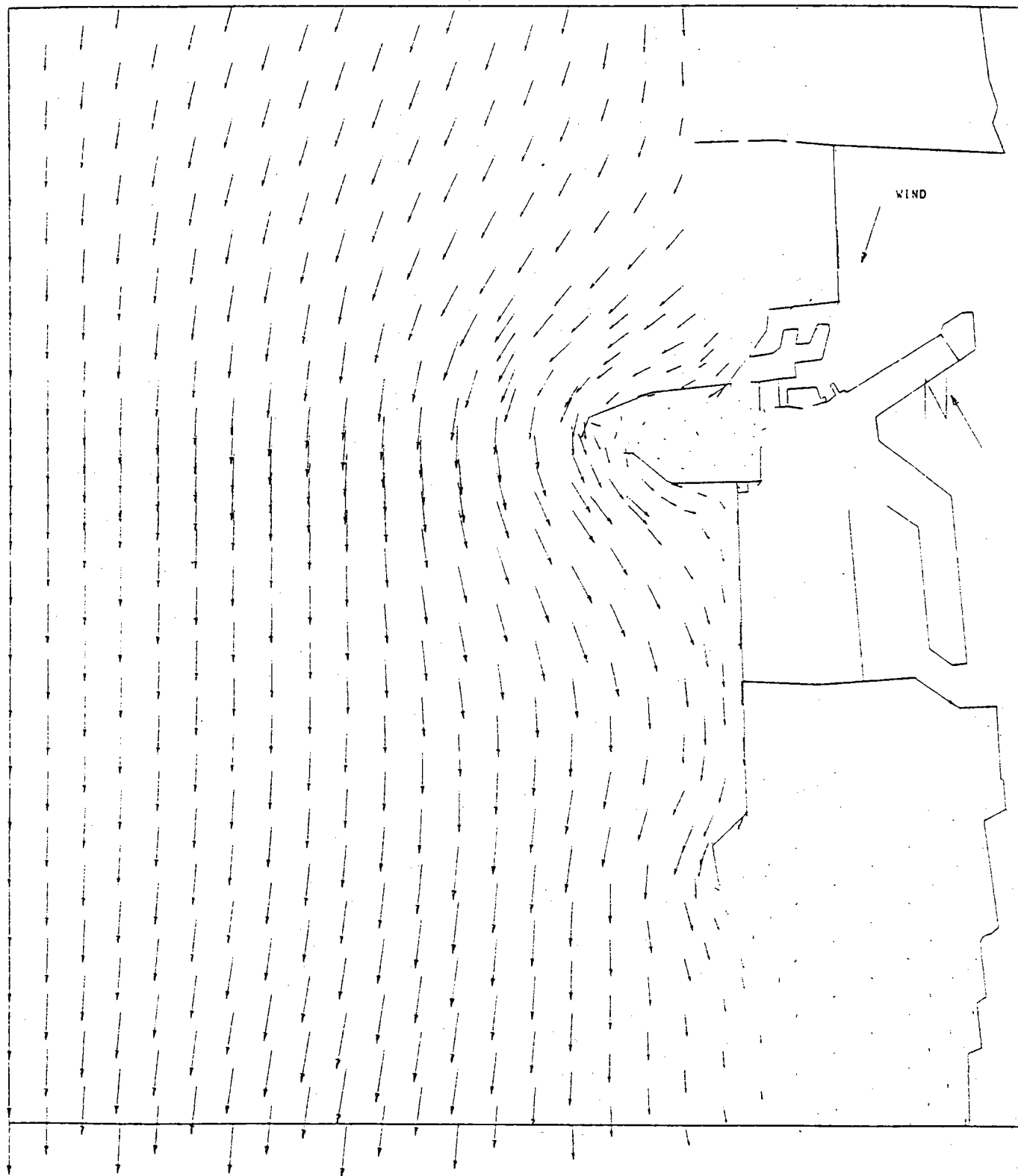


圖 3-7(a) 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 1小時後)

TIME : 3.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCXND) 100 CM/SEC →

N TIDE : 4 M T= 12.50 HR

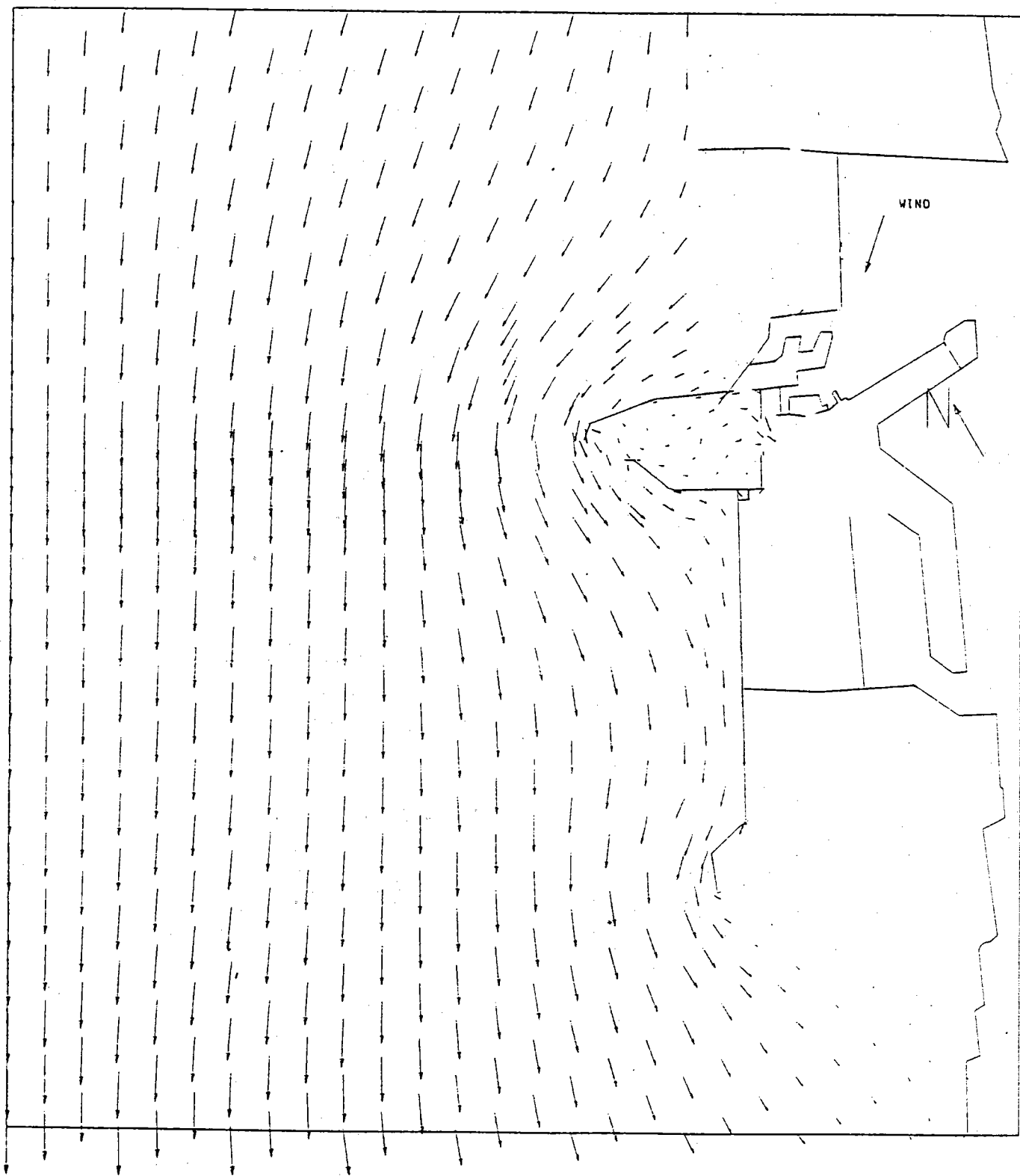


圖 3-7(b) 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 3小時後)

TIME : 5.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCXND) 140 CM/SEC →

H TIDE : 4 M T 12.00 HR

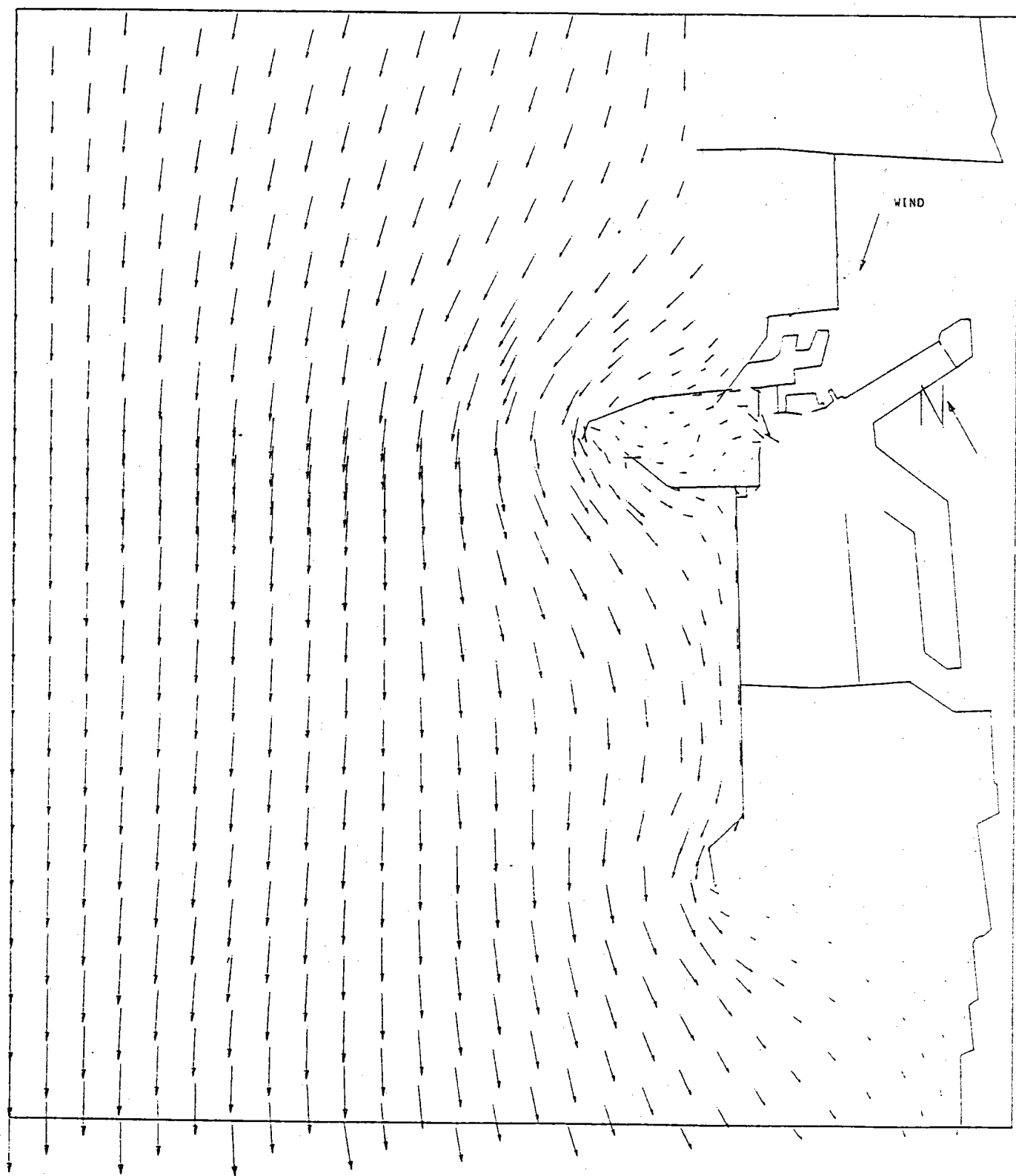


圖 3-7(c) 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 5小時後)

TIME : 7.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TIDE) 150 CM/SEC →

N TIDE : 4 M TW 12.00 HR

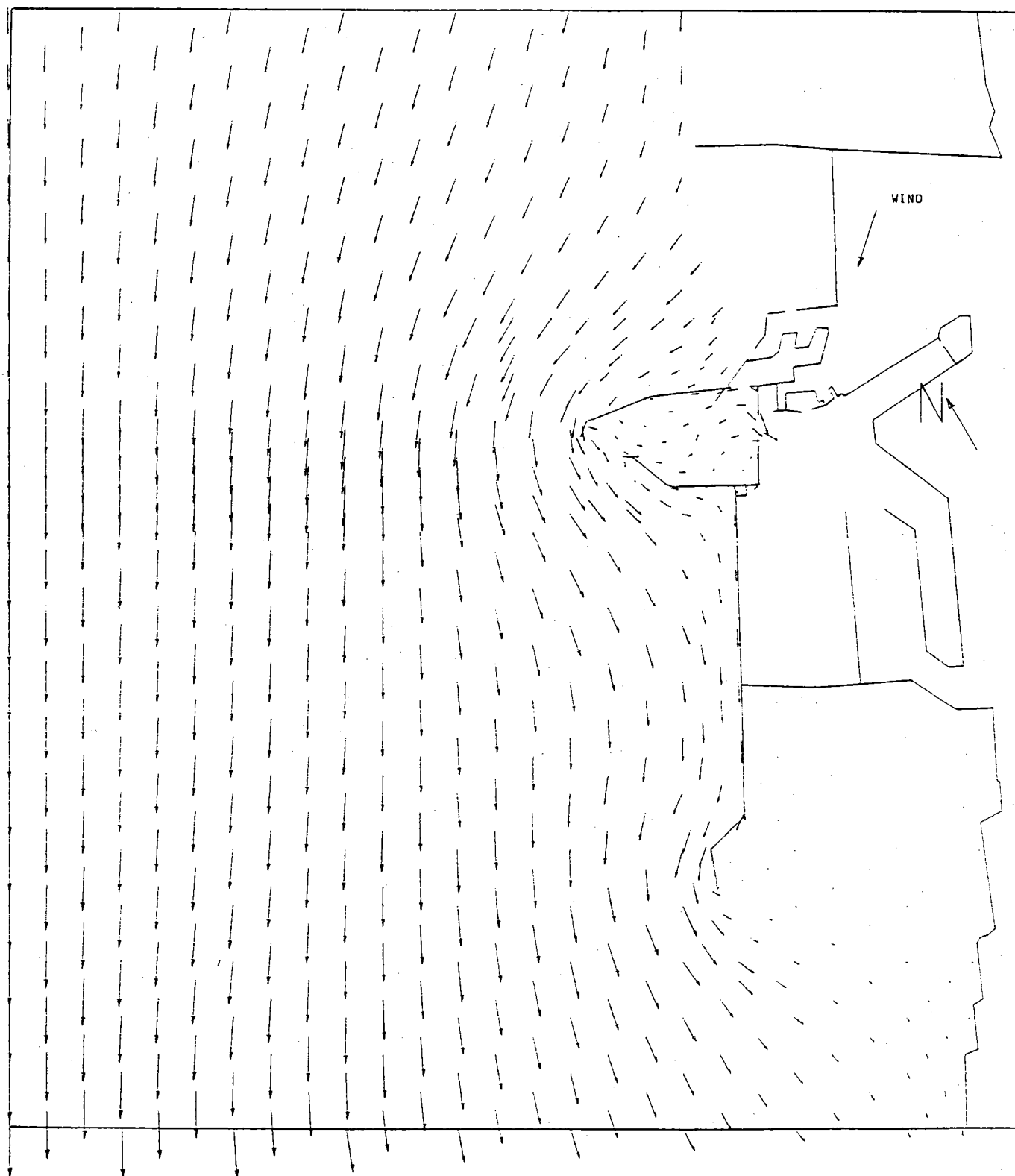


圖 3-7(d) 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置流速分佈圖

(東北風，平均風速 40 節，平均潮差 4公尺)

(計算時間：7小時後)

TIME : 9.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TGXND) 120 CM/SEC

N TIDE : A M T 12.00 HR

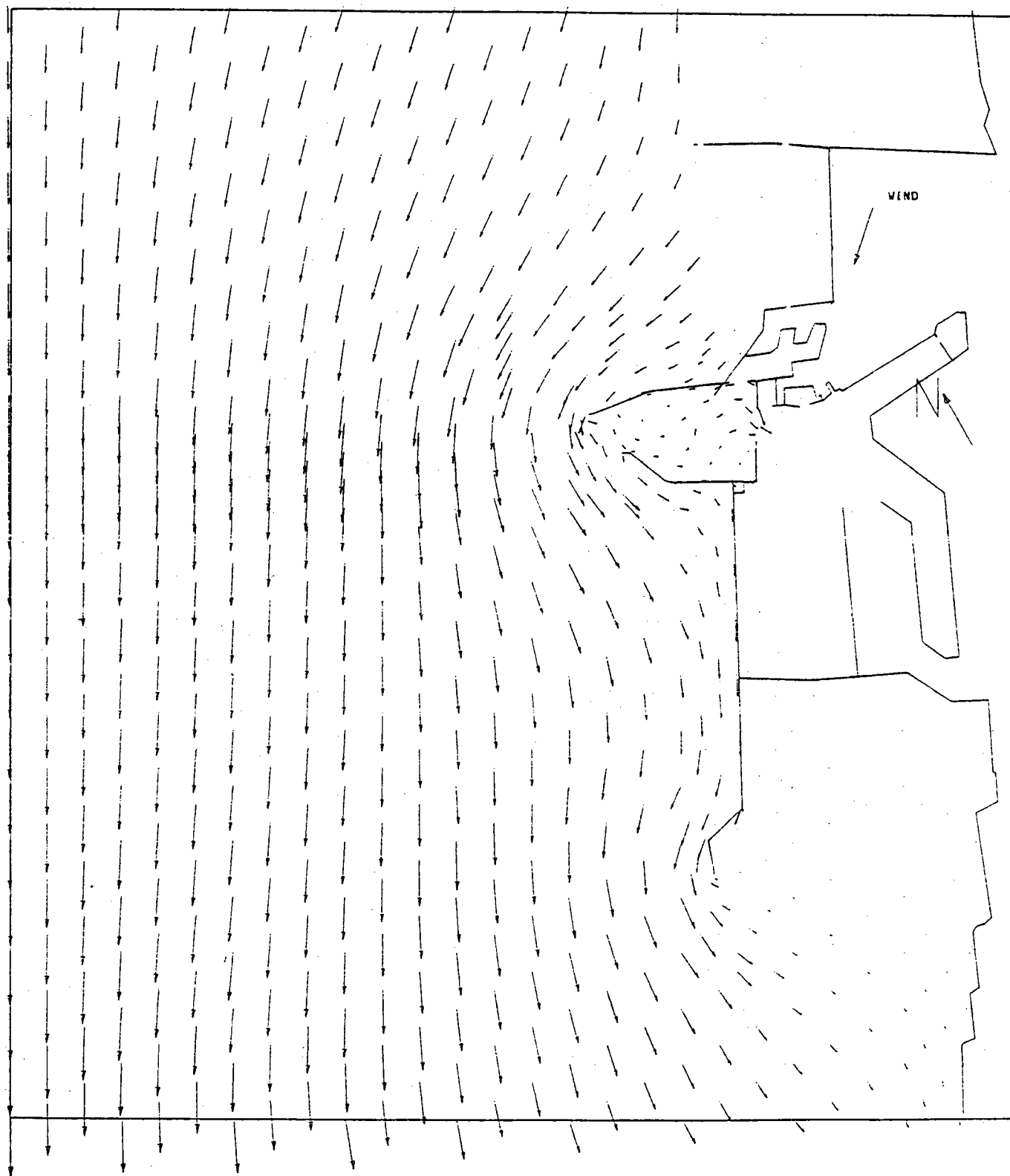


圖 3-7(e) 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 9小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCXND) 30 CM/SEC ———→

N TIDE : 4 M T 12.50 HR

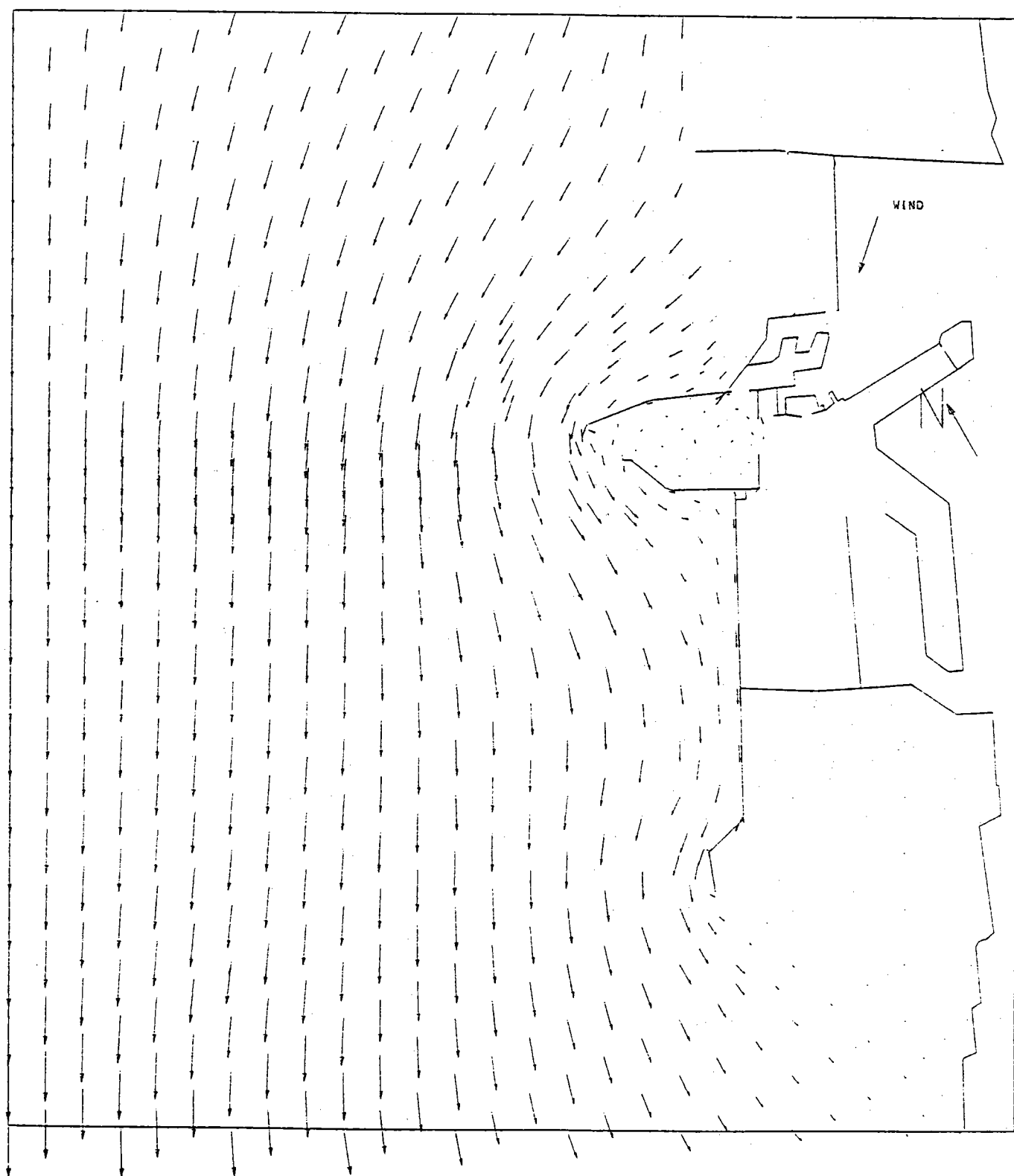


圖 3-7(f) 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置流速分佈圖

(東北風，平均風速 40 節，平均潮差 4公尺)

(計算時間：11小時後)

TIME : 13.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCXND) 45 CM/SEC

N TIDE : 4 M T- 12.50 HR

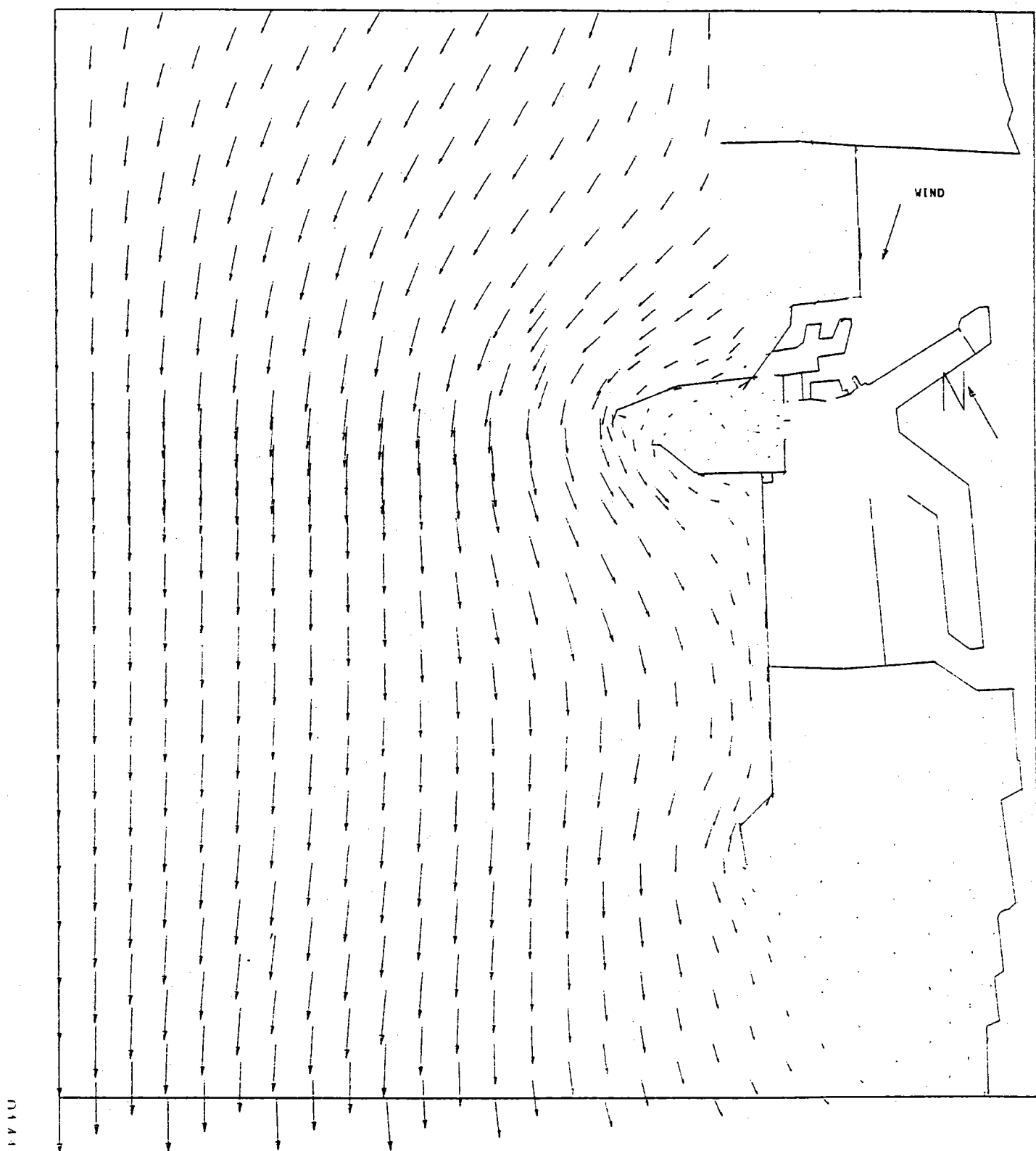


圖 3-7(g) 台中港大區域 (L 區域) A 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 13小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCVNO) 40 CM/SEC

N TIDE : A M T 12.50 HR

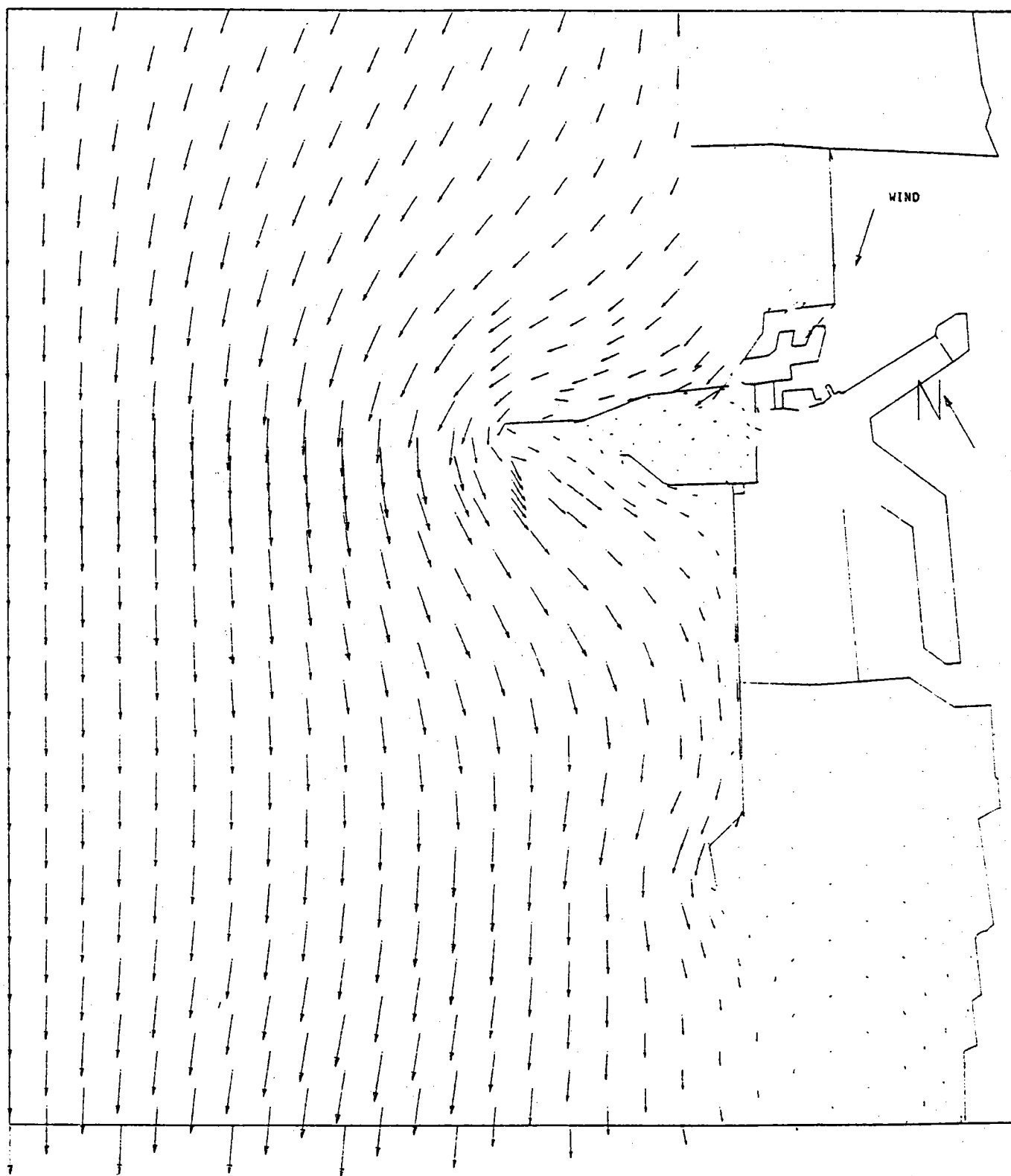


圖 3-8(a) 台中港大區域 (L 區域) B-1 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 1 小時後)

TIME : 3.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TIDE) 100 CM/SEC

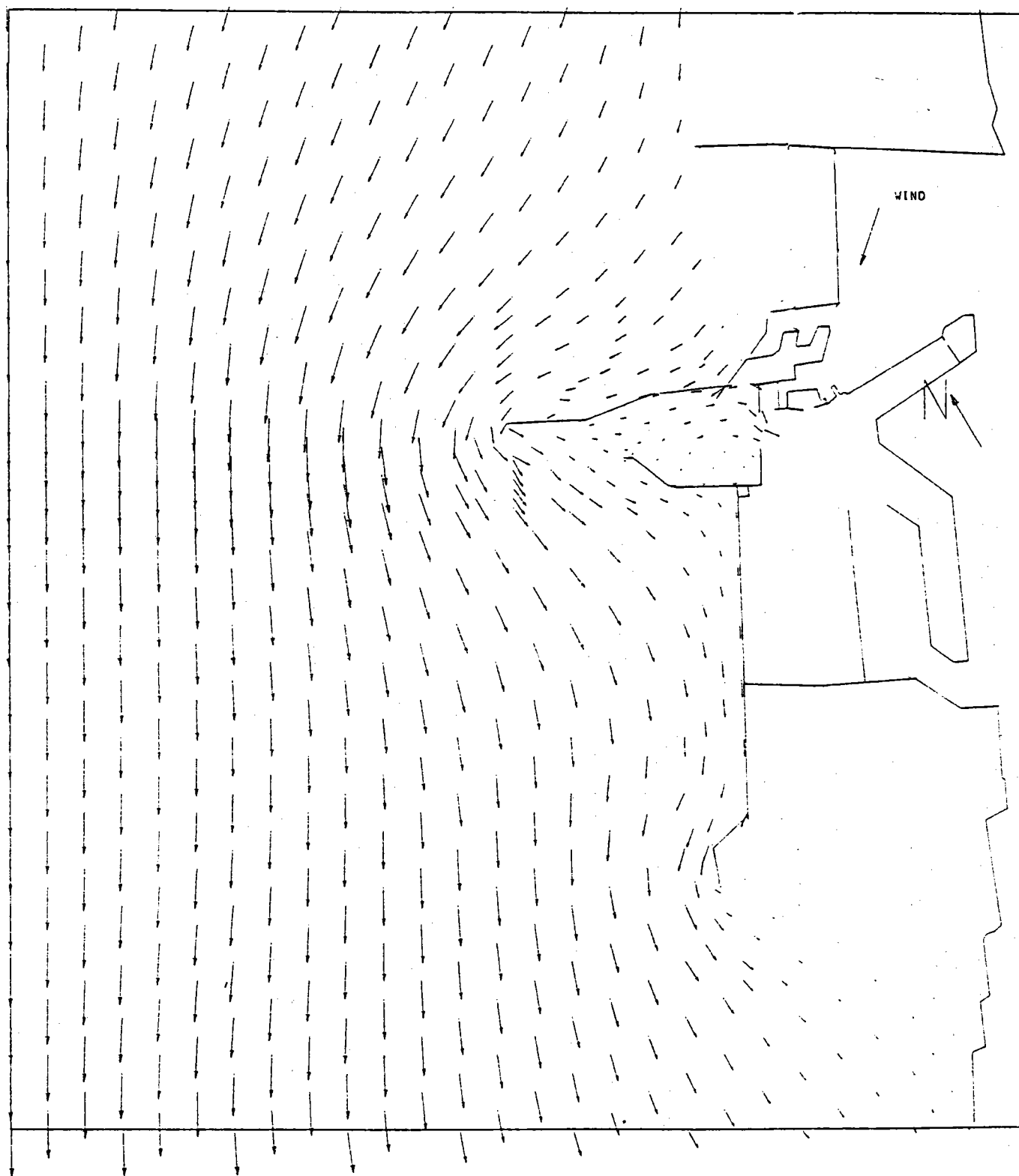


圖 3-8(b) 台中港大區域 (L 區域) B-1 式佈置流速分佈圖

(東北風，平均風速 40 節，平均潮差 4公尺)

(計算時間：3小時後)

TIME : 5.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : A H T- 12.00 HR
(TCVHC) 140 CM/SEC

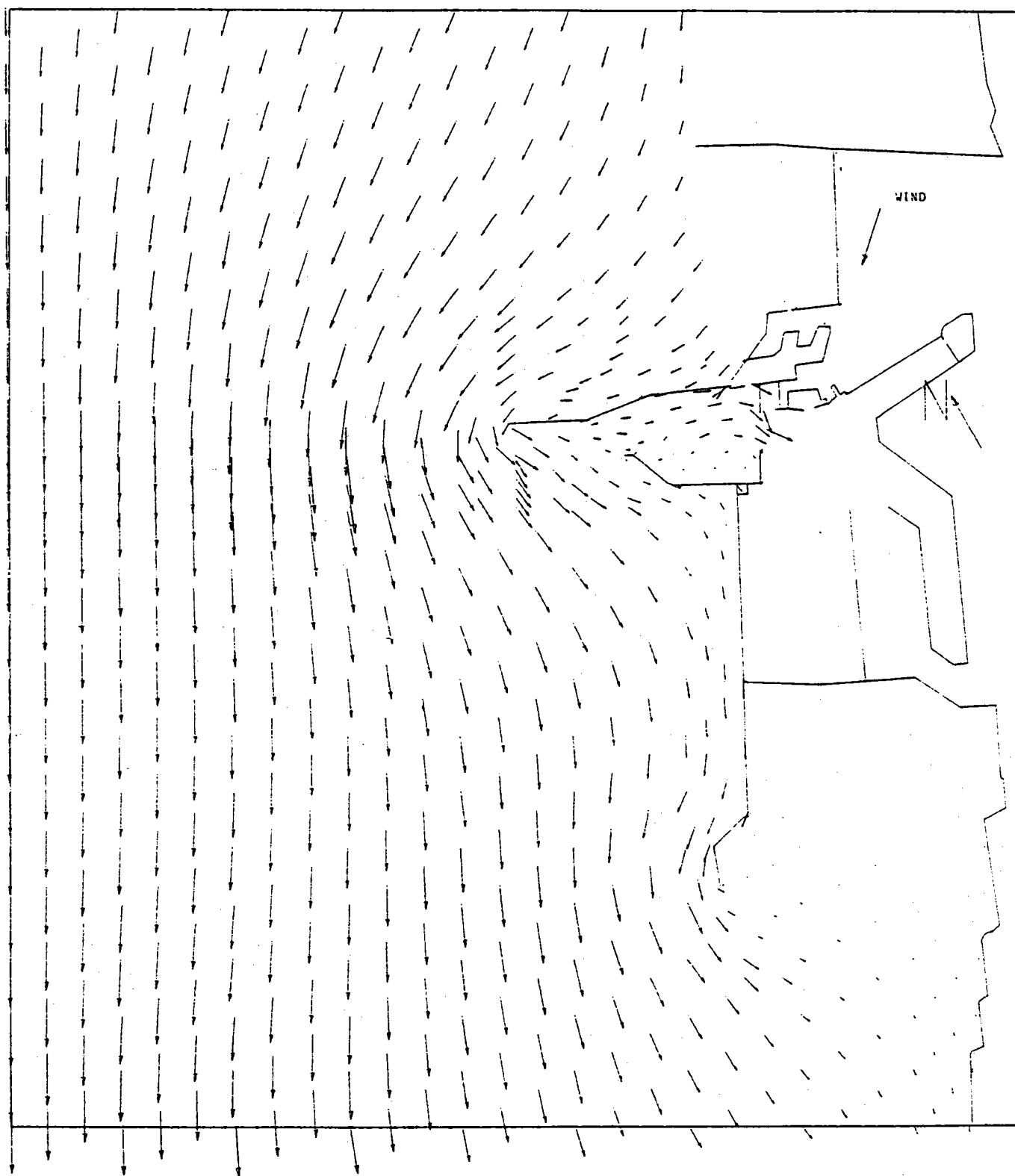


圖 3-8(c) 台中港大區域 (L 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 5小時後)

TIME : 7.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCVNC) 150 CM/SEC

N TIDE : A M T- 12.50 HR

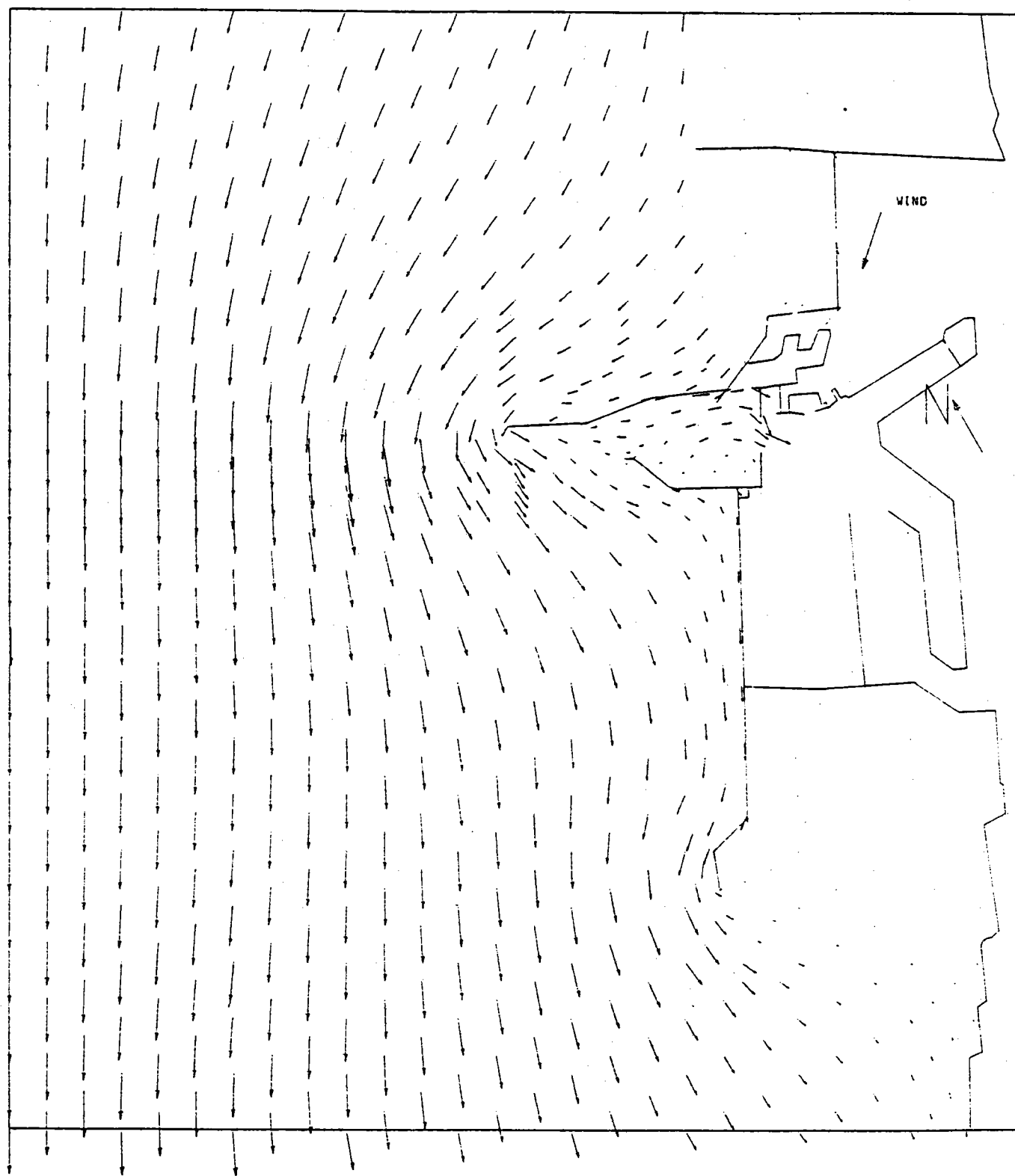


圖 3-8(d) 台中港大區域 (L 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 7小時後)

TIME : 9.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCVND) 120 CM/SEC

H. TIDE : A. H. T. 12.50 HR

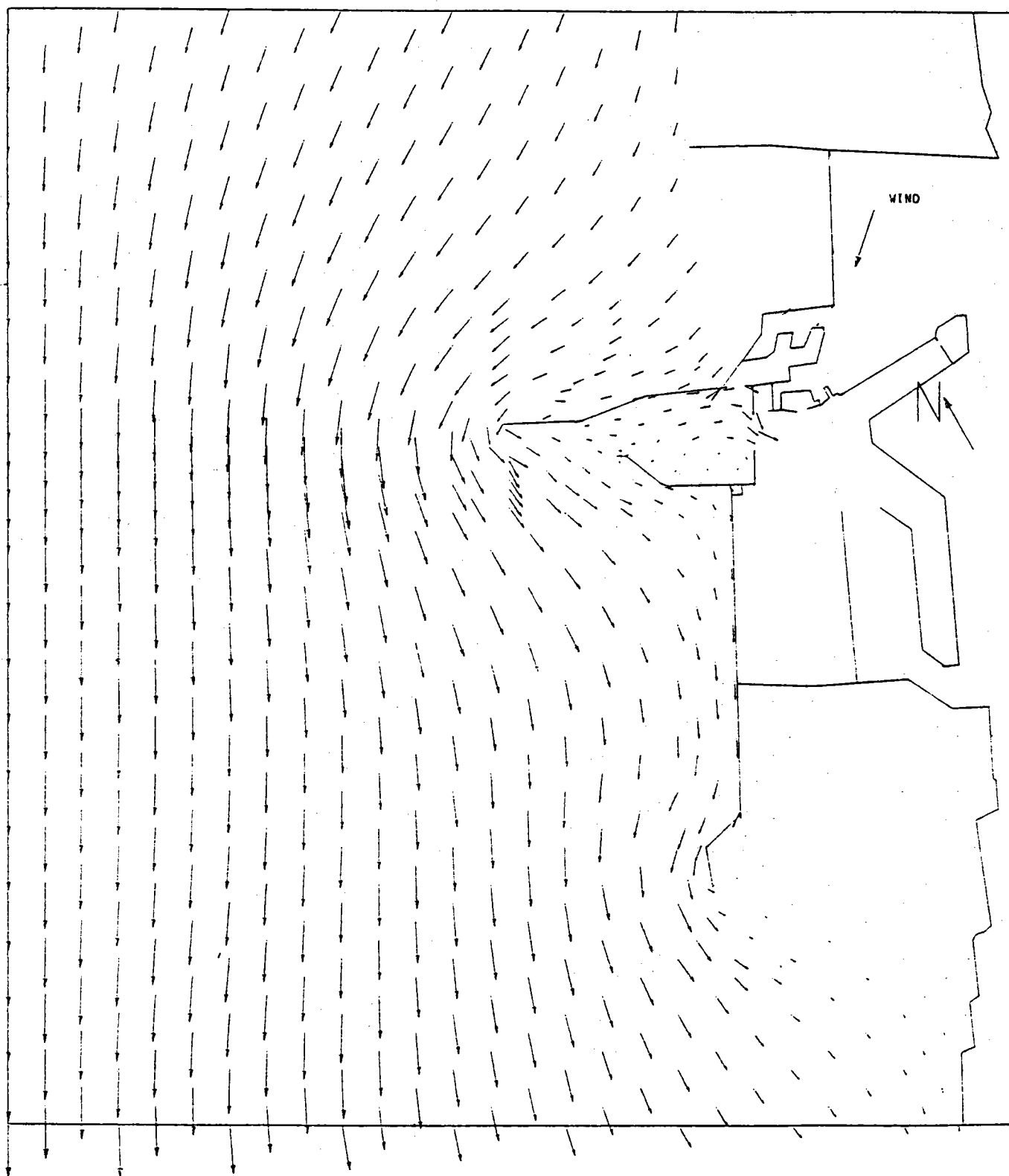


圖 3-8(e) 台中港大區域 (L 區域) B-1 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 9小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS H TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVND) 80 CM/SEC

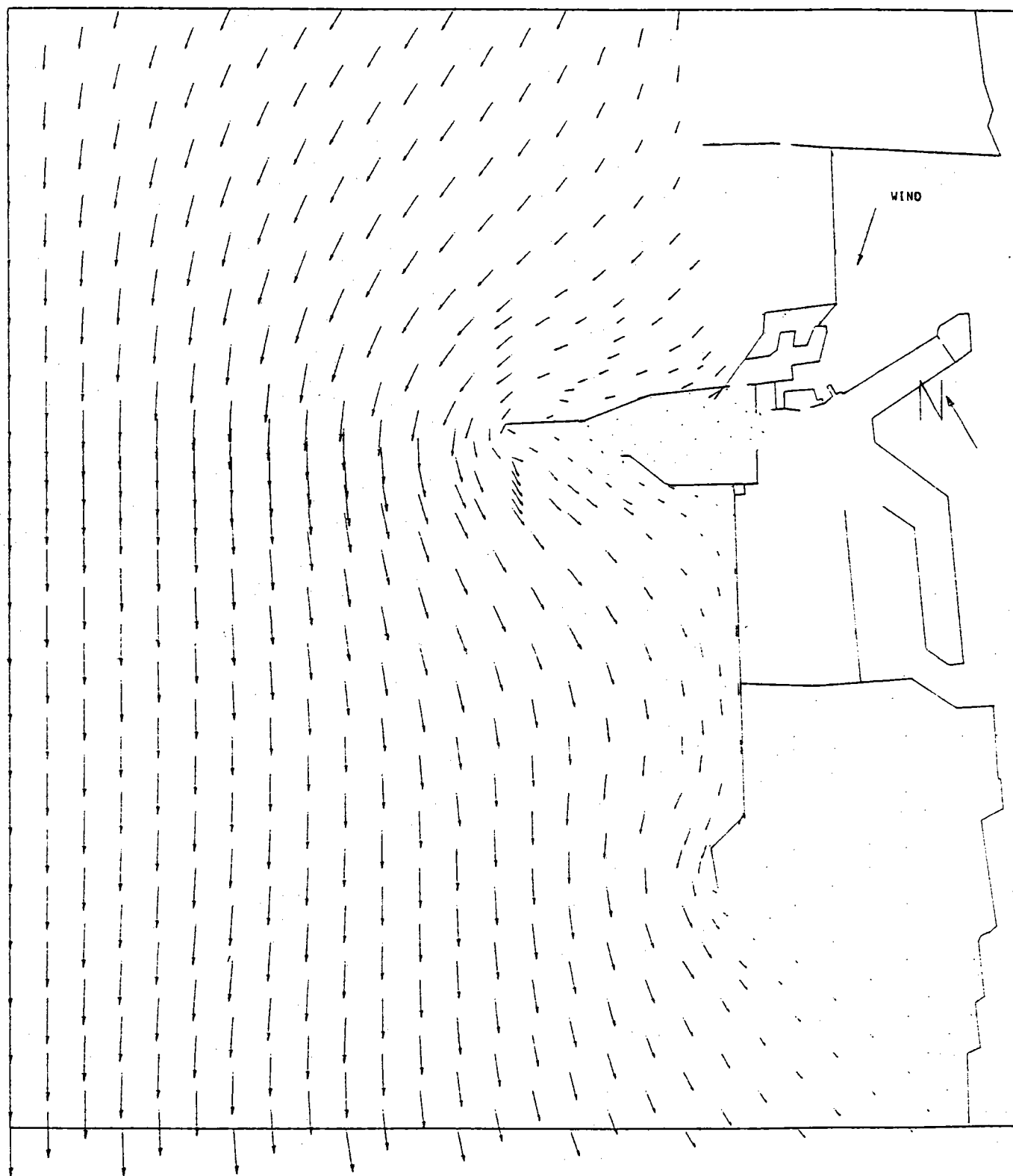


圖 3-8(f) 台中港大區域 (L 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 11小時後)

TIME : 13.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCVNO) 45 CM/SEC

N TIDE : 4 M T- 12.50 HR

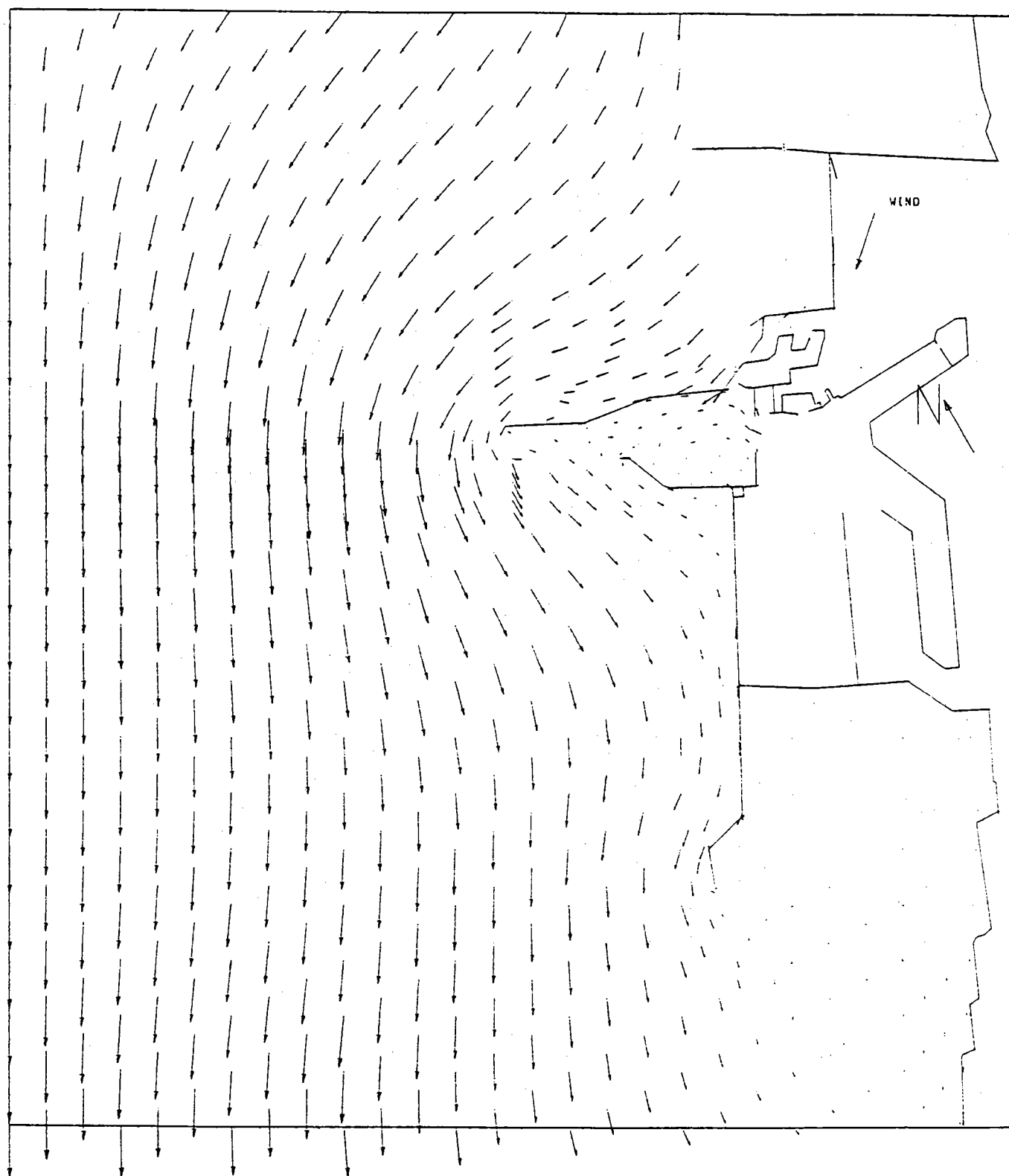


圖 3-8(g) 台中港大區域 (L 區域) B-1 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 13小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TOWNG) 40 CM/SEC ———

N TIDE : 4 M T- 12.00 HR

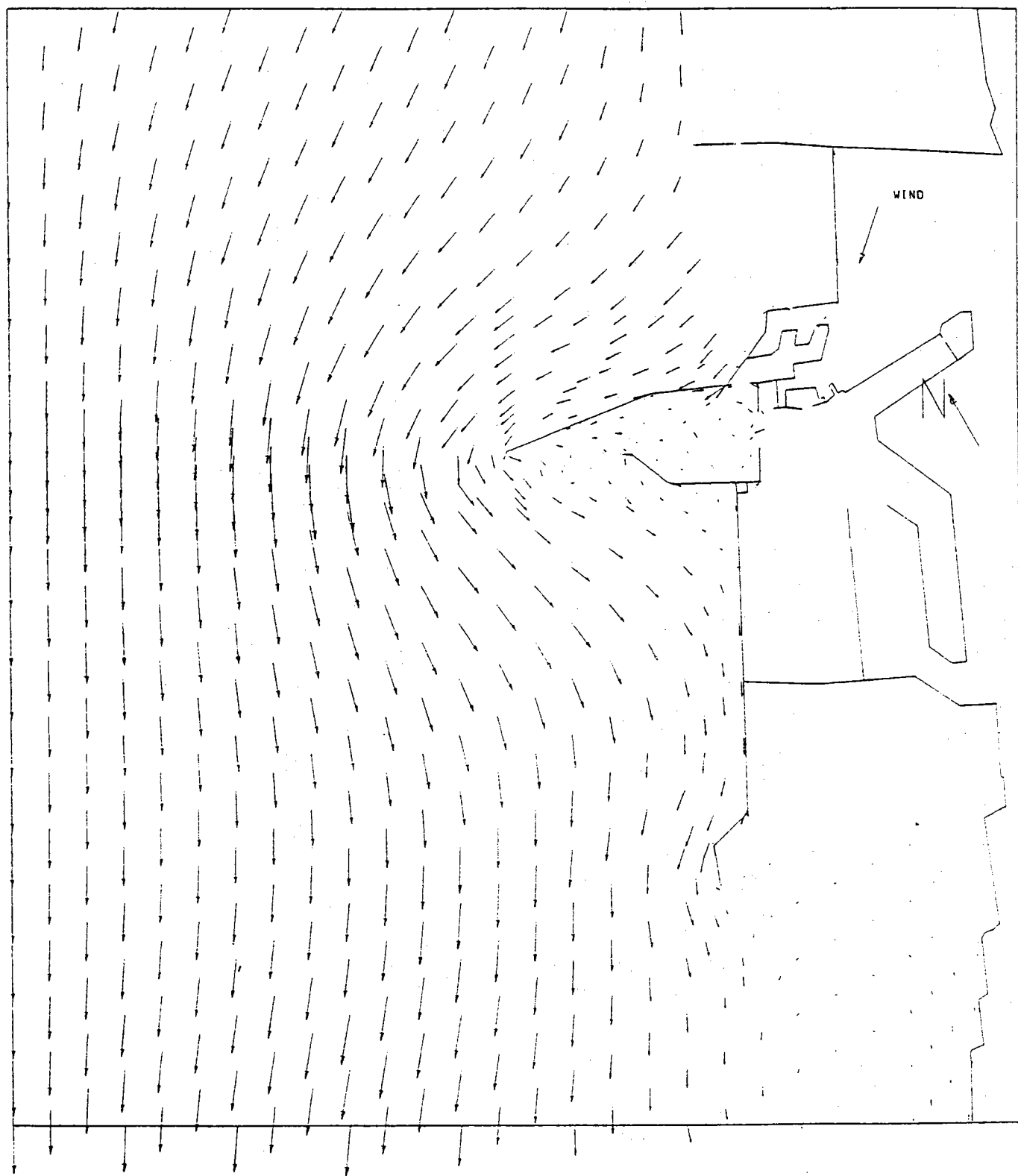


圖 3-9(a) 台中港大區域 (L 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 1小時後)

TIME : 3.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCWNC) 100 CM/SEC

N TIDE : 4 M 12.50 HR

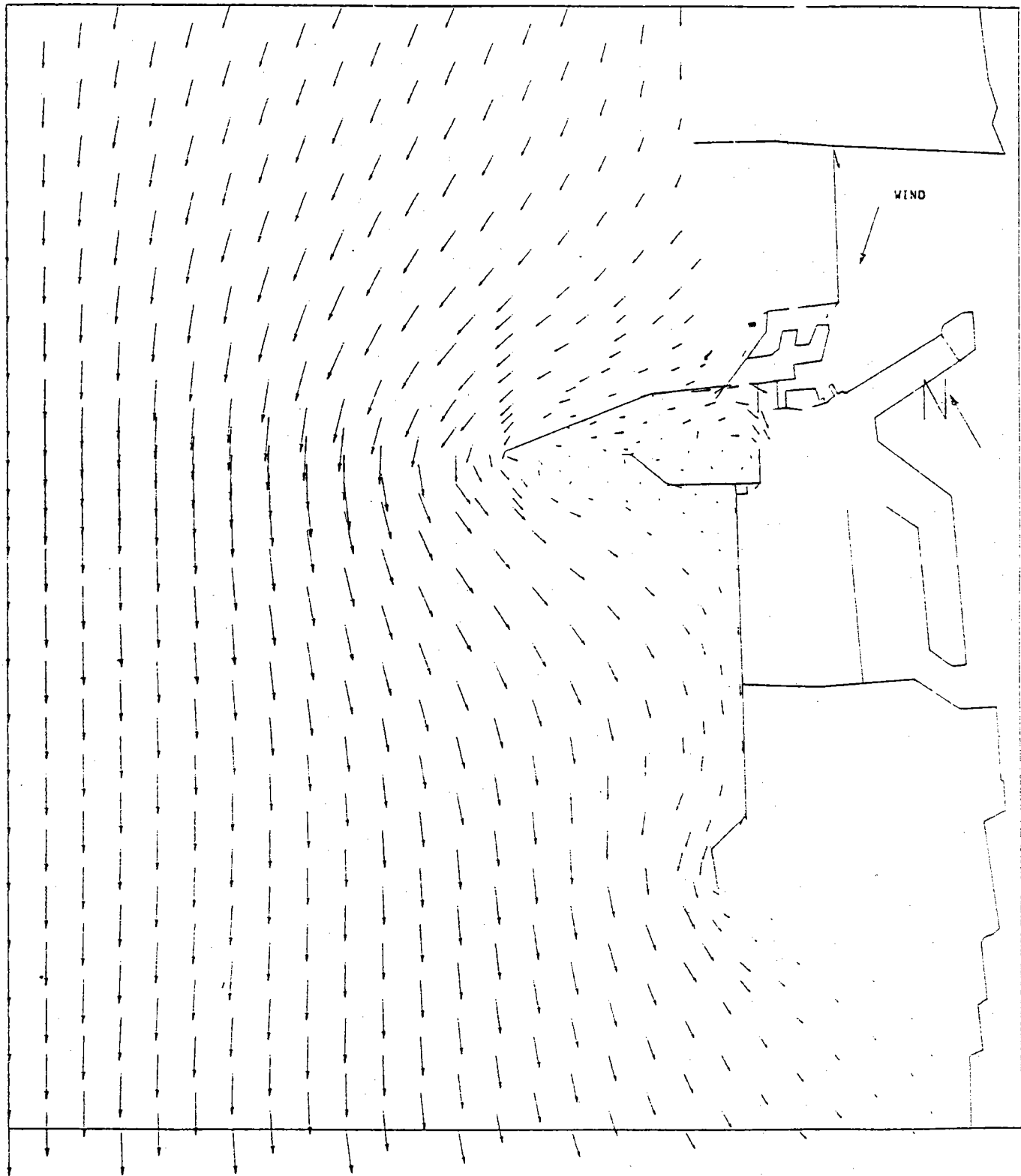


圖 3-9(b) 台中港大區域 (L 區域) C-1 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 3小時後)

TIME : 5.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS H TIDE : 4 M F 12.50 HR
(TCWNC) 140 CM/SEC

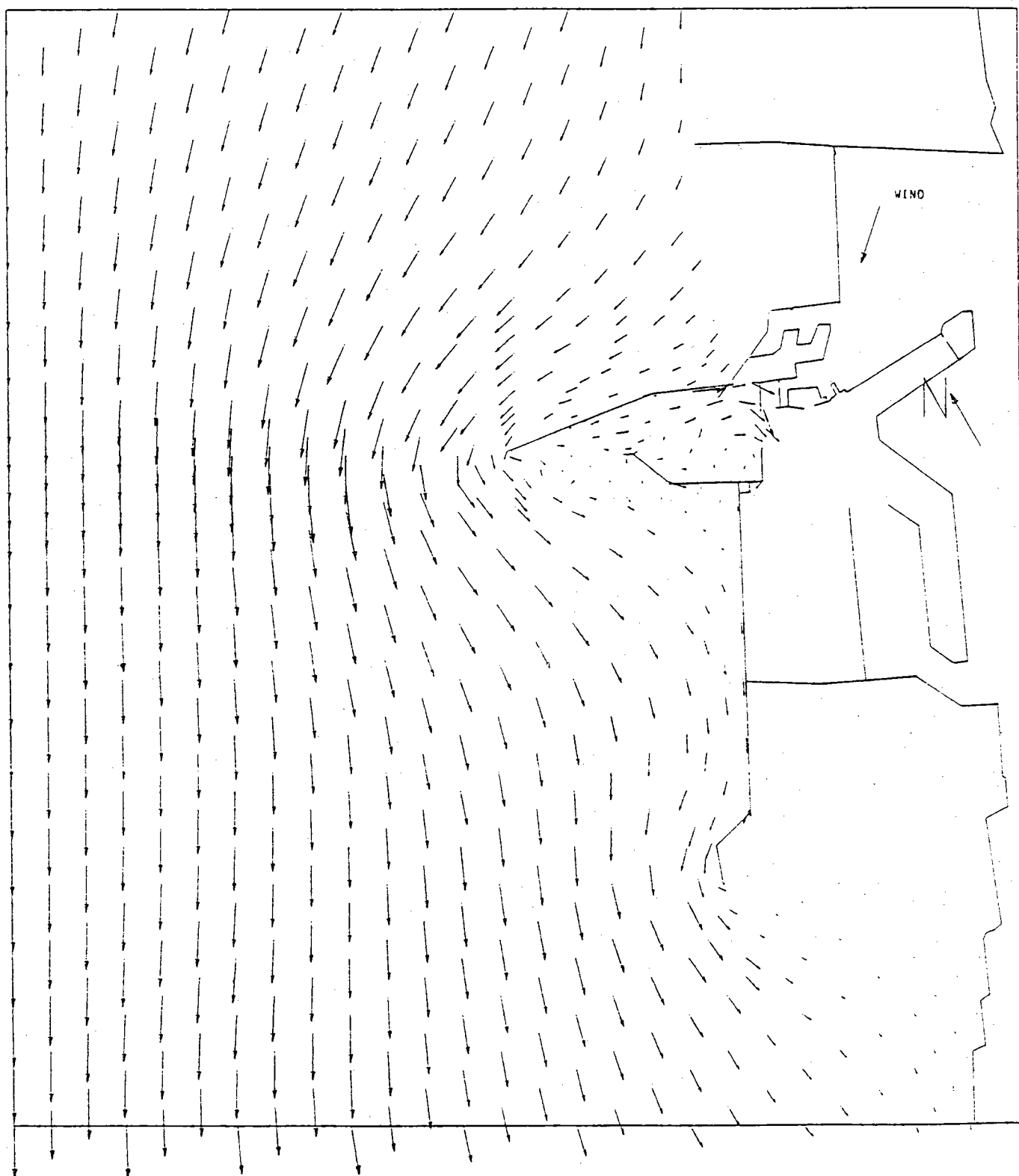


圖 3-9(c) 台中港大區域 (L 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 5小時後)

TIME : 7.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TCWNC) 150 CM/SEC

N TIDE : 4 M T 12.50 HR

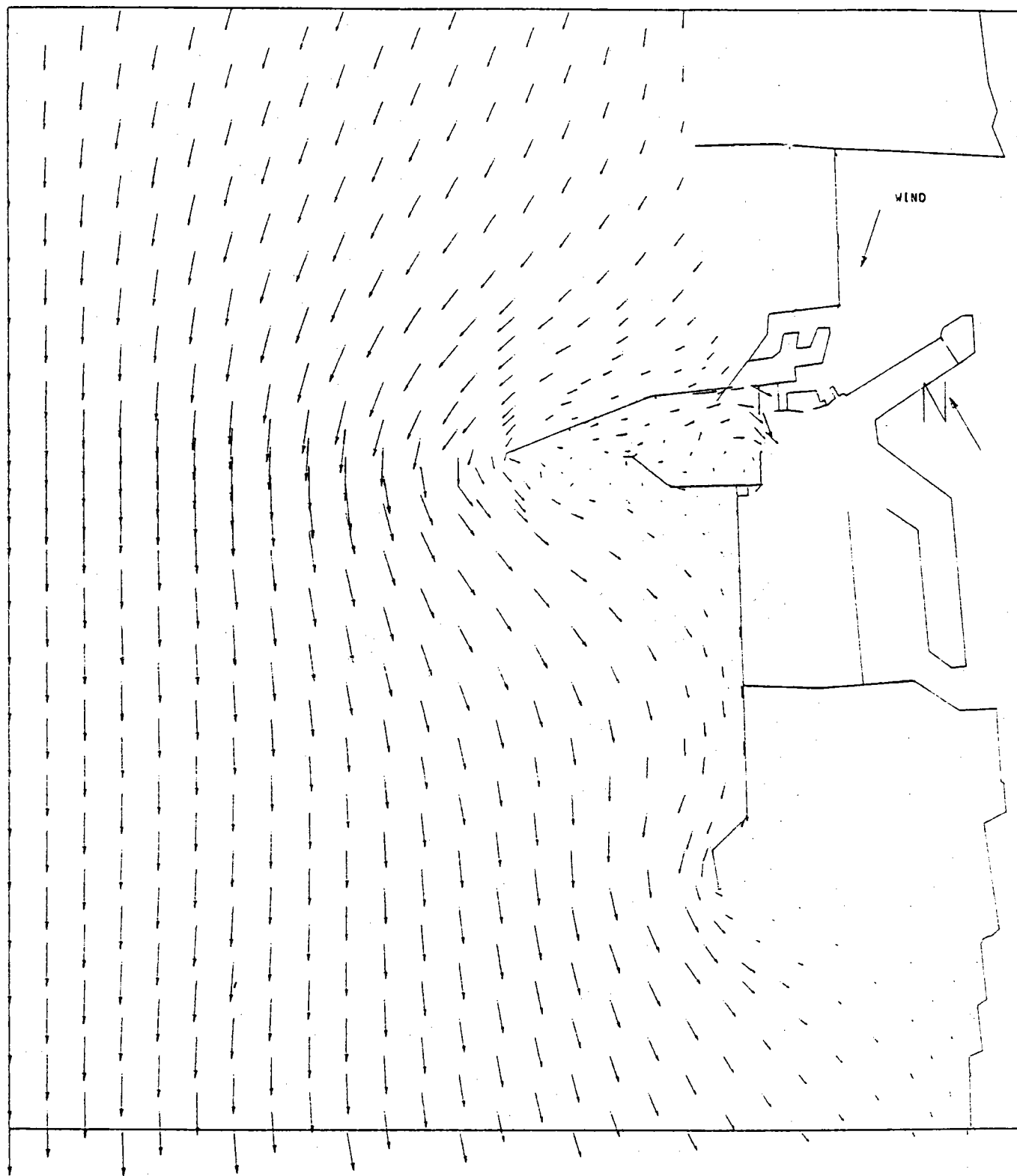


圖 3-9(d) 台中港大區域 (L 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 7小時後)

TIME : 9.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TOWNO) 120 CM/SEC

N TIDE : A M T- 12.50 HR

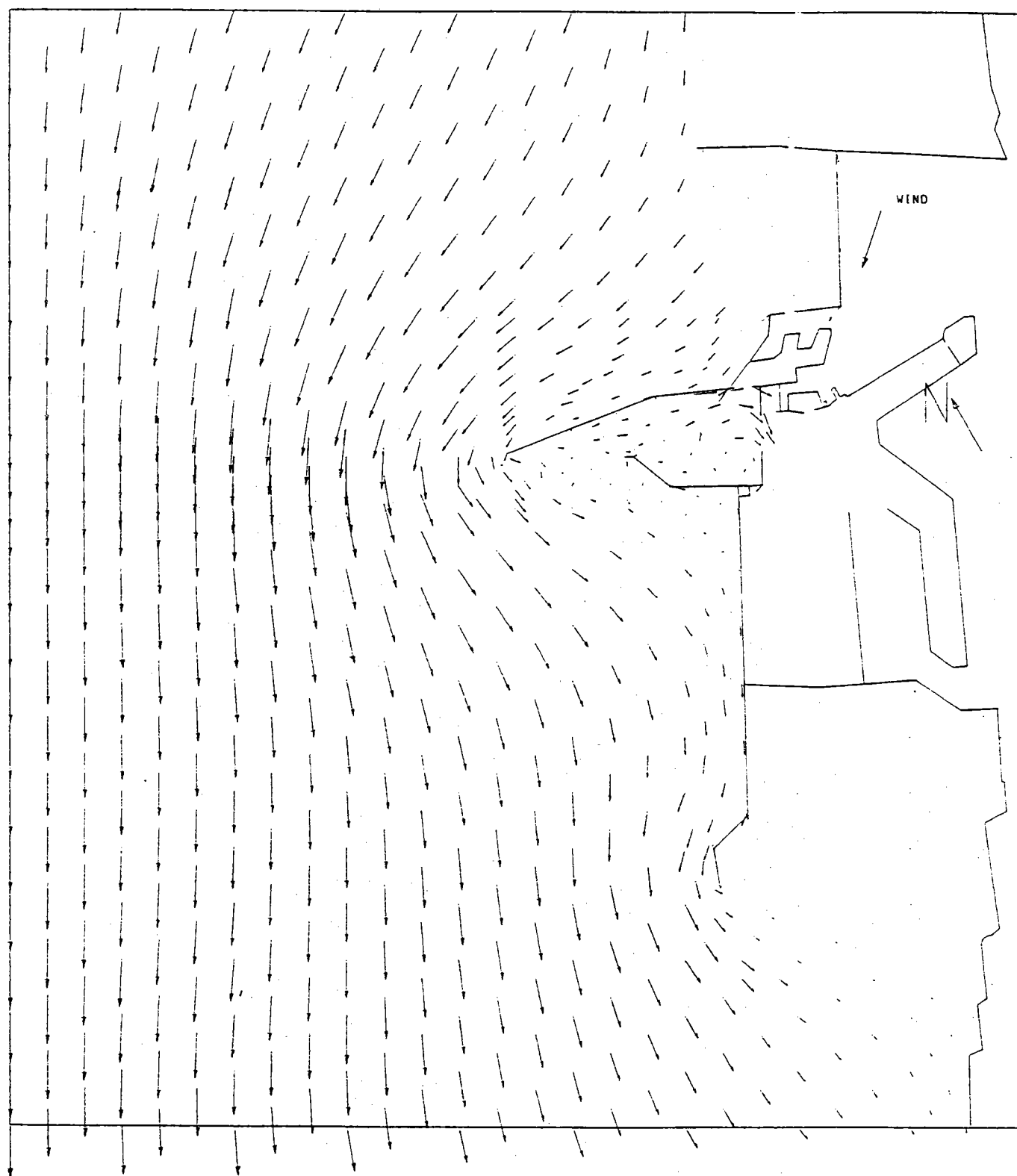


圖 3-9(e) 台中港大區域 (L 區域) C-1 式佈置流速分佈圖

(東北風，平均風速 40 節，平均潮差 4公尺)

(計算時間：9小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TOWND) 60 CM/SEC

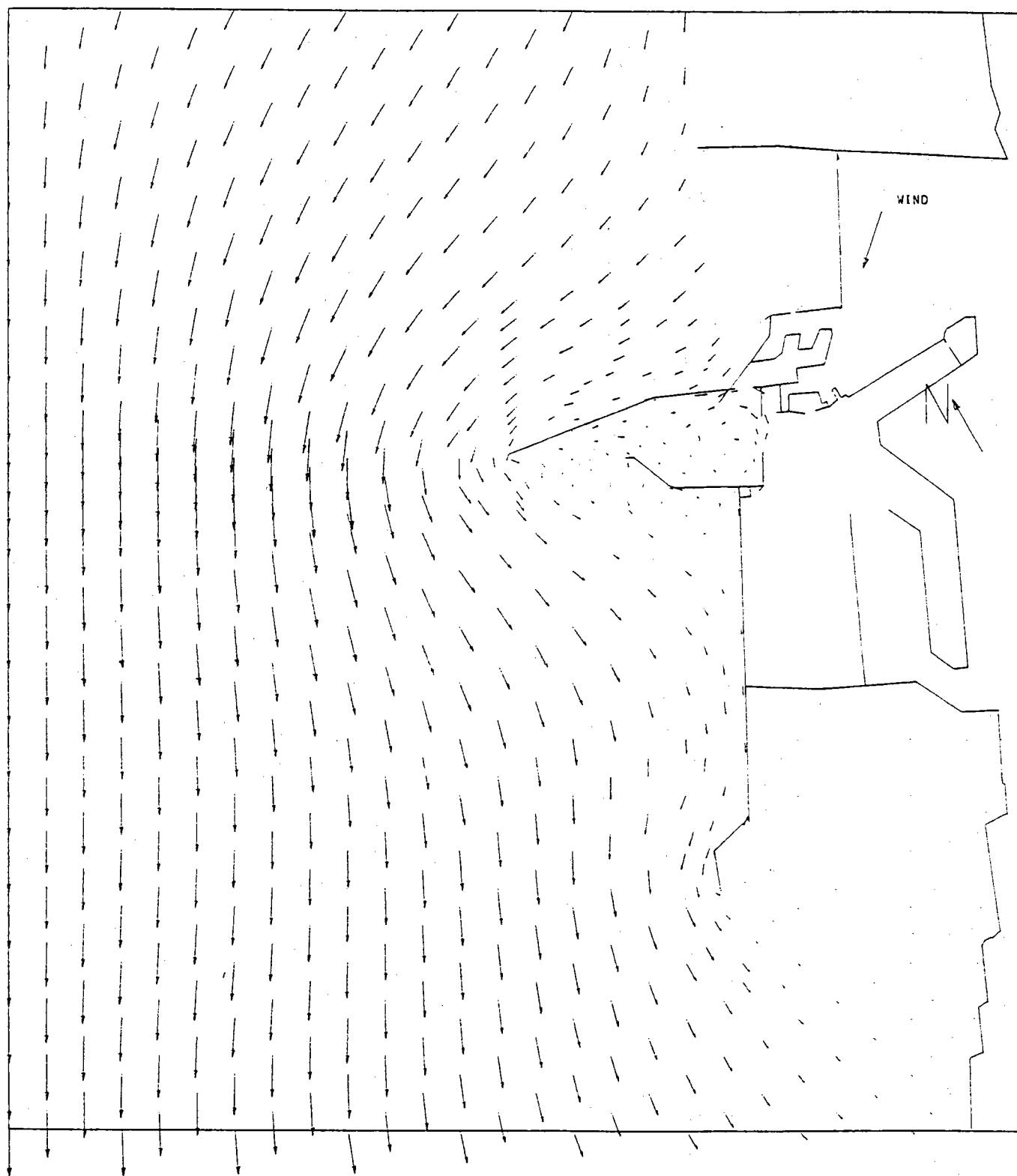


圖 3-9(f) 台中港大區域 (L 區域) C-1 式佈置流速分佈圖

(東北風，平均風速 40 節，平均潮差 4公尺)

(計算時間：11小時後)

TIME : 13.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS
(TOWNO) 45 CM/SEC

N TIDE : 4 M T : 12.00 HR

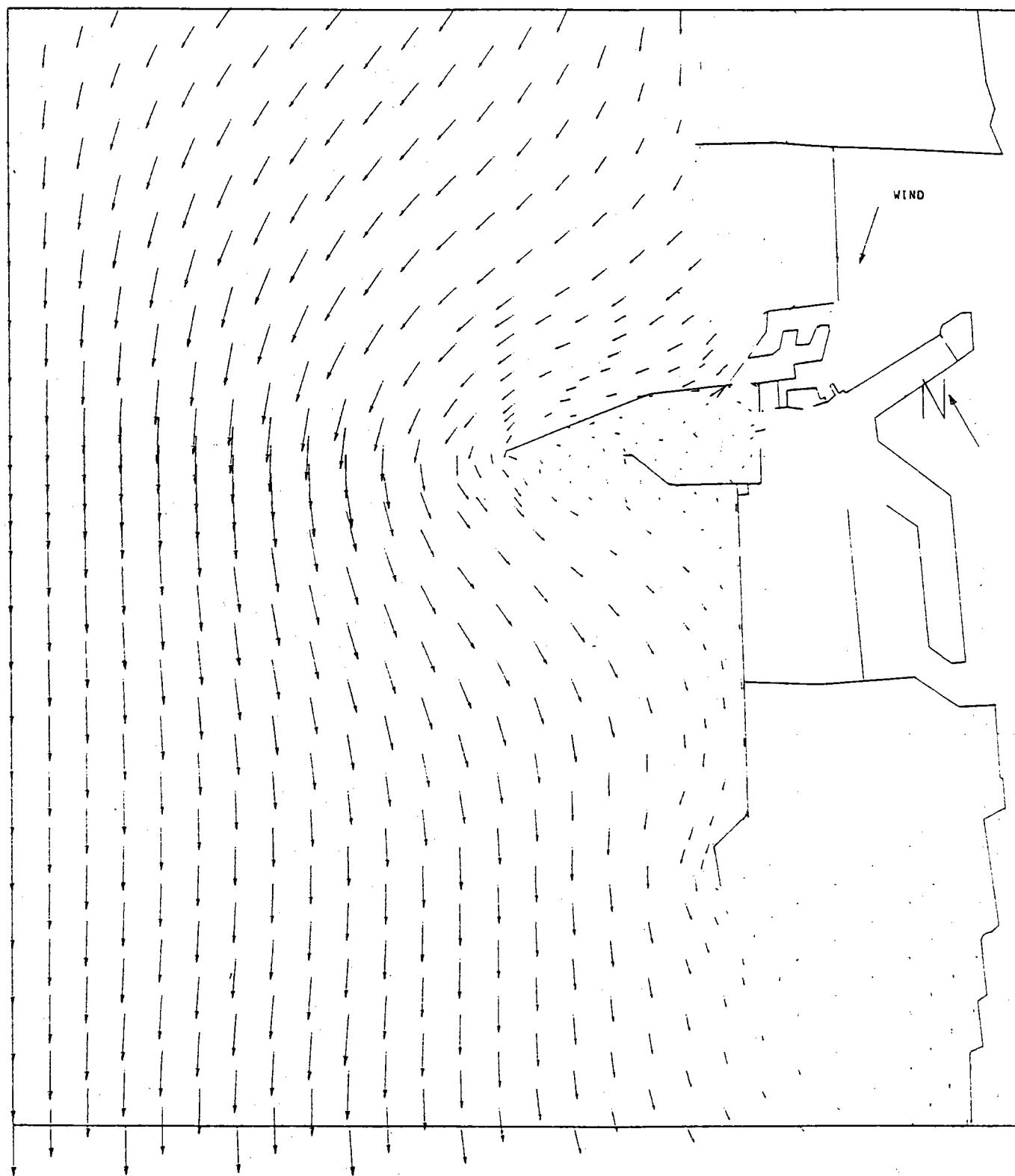


圖 3-9(g) 台中港大區域 (L 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 13小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T : 12.50 HR
(TCHND) 30 CM/SEC ———

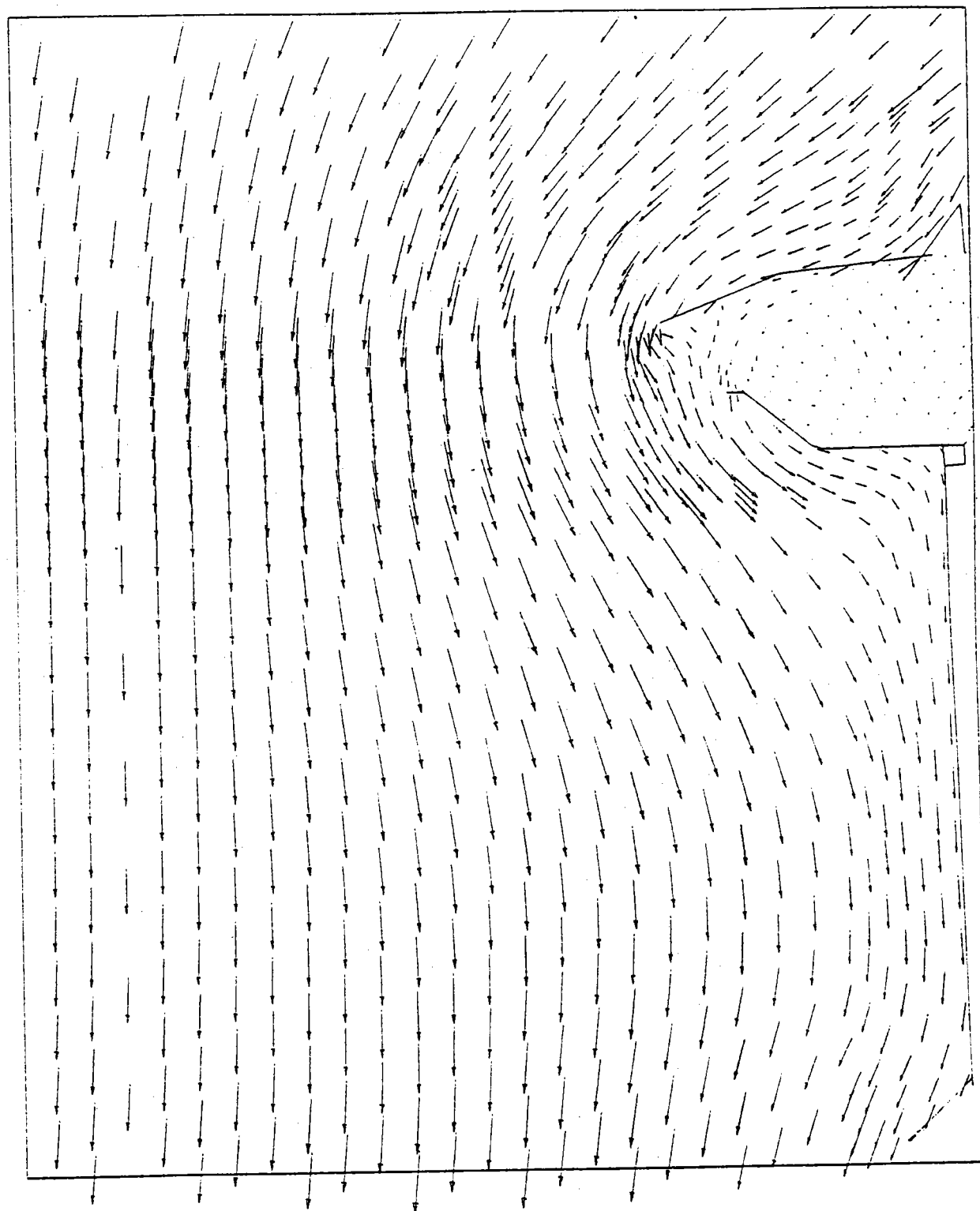


圖 3-10(a) 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 1小時後)

TIME : 3.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M 12.50 HR
(TCKNG) 30 CM/SEC →

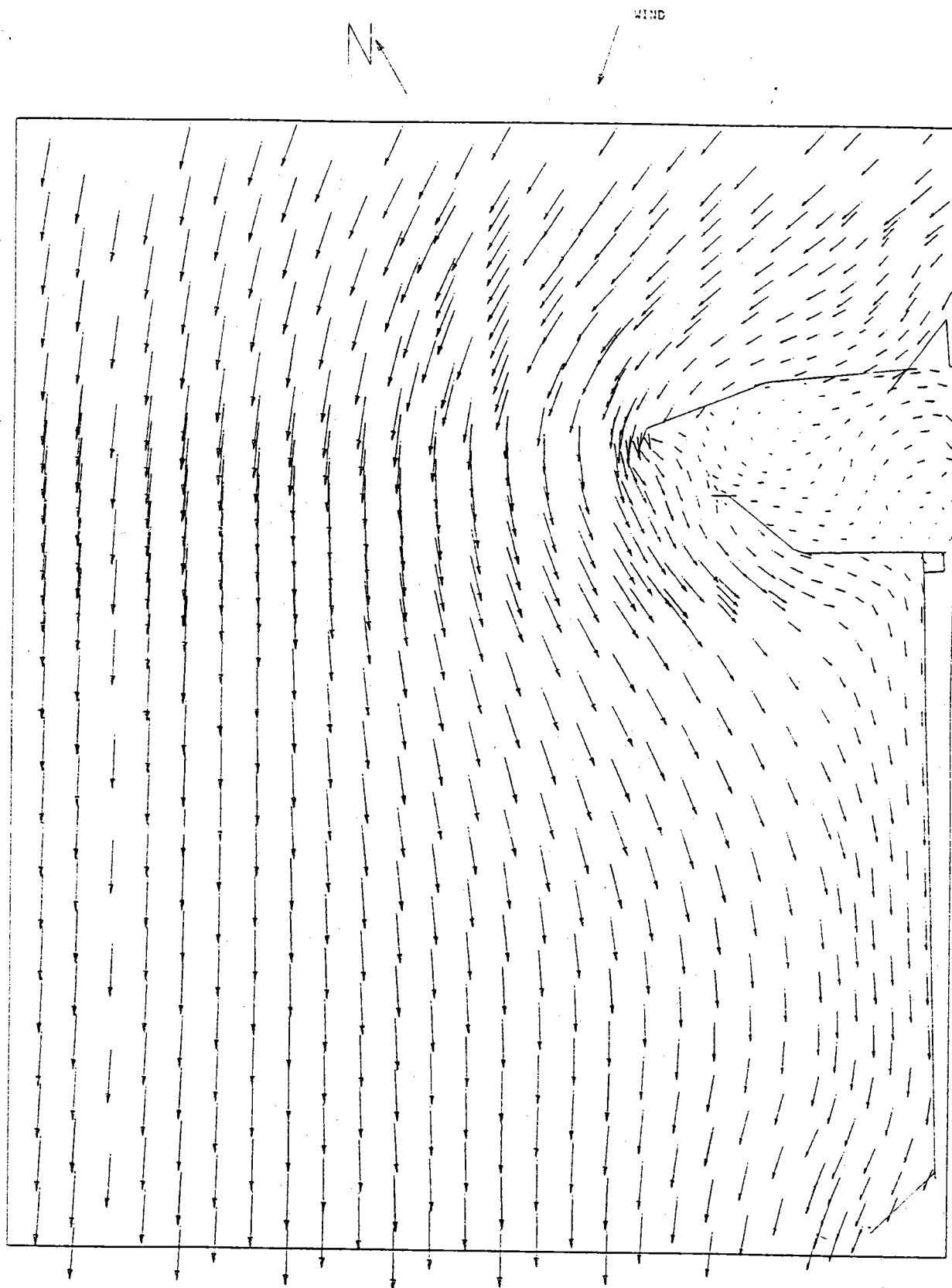


圖 3-10(b) 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 3小時後)

TIME : 5.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N. TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCXNC) 120 CM/SEC

WIND

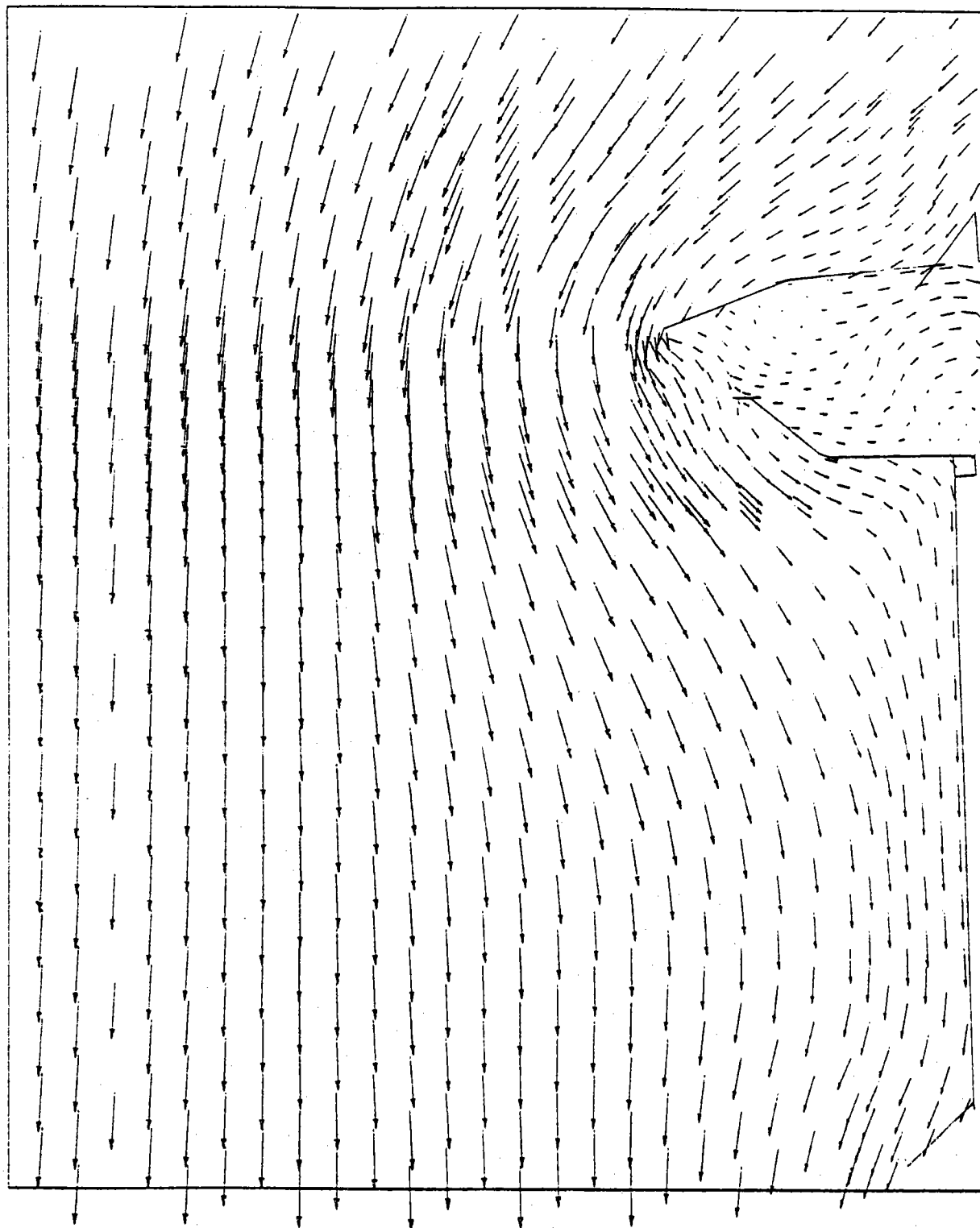
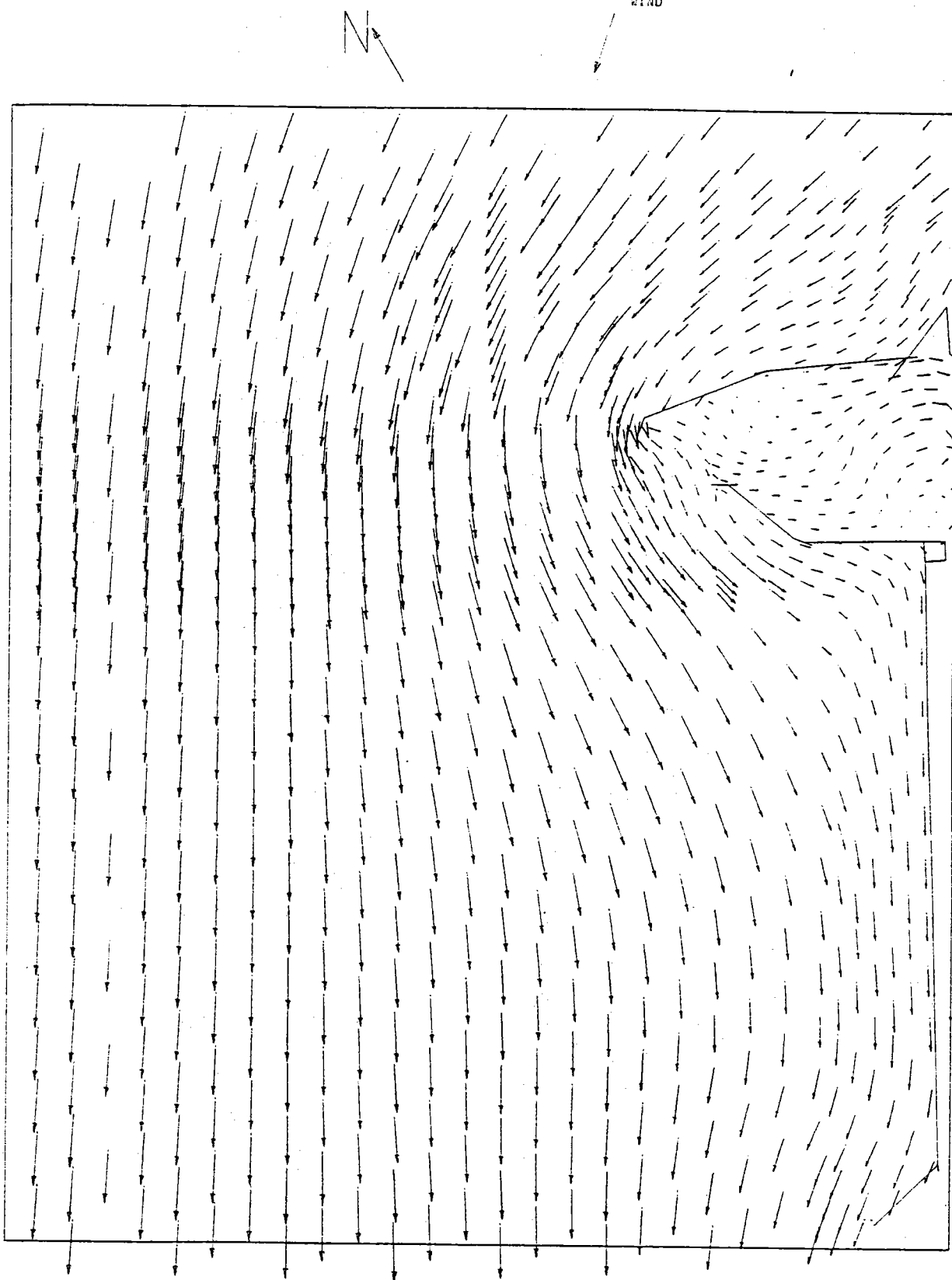


圖 3-10(c) 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 5小時後)

TIME : 7.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCXND) 140 CM/SEC

WIND



0172

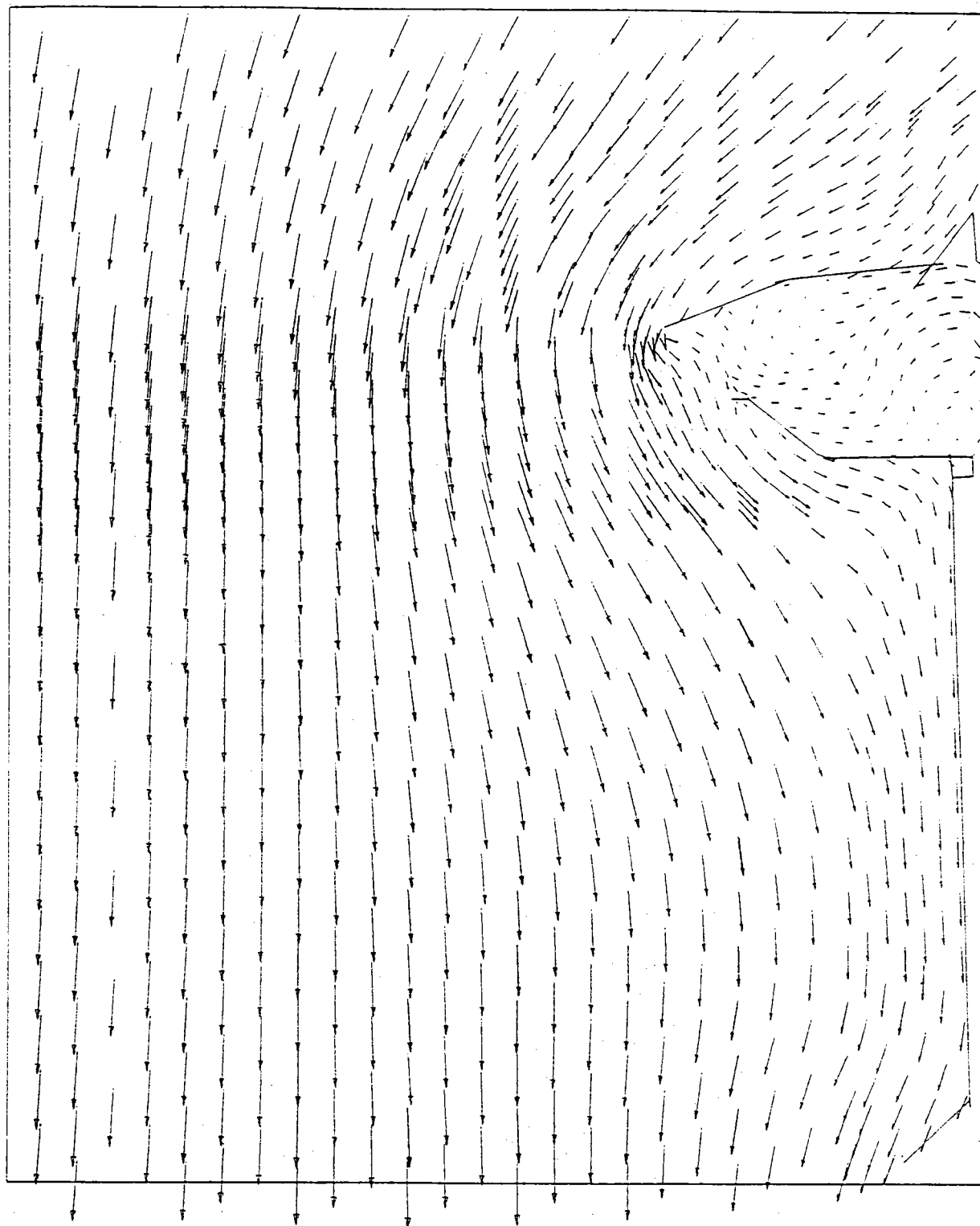
圖 3-10(d) 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 7小時後)

TIME : 9.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : A M T 12.50 HR
(TCHND) 110 CM/SEC →

WIND

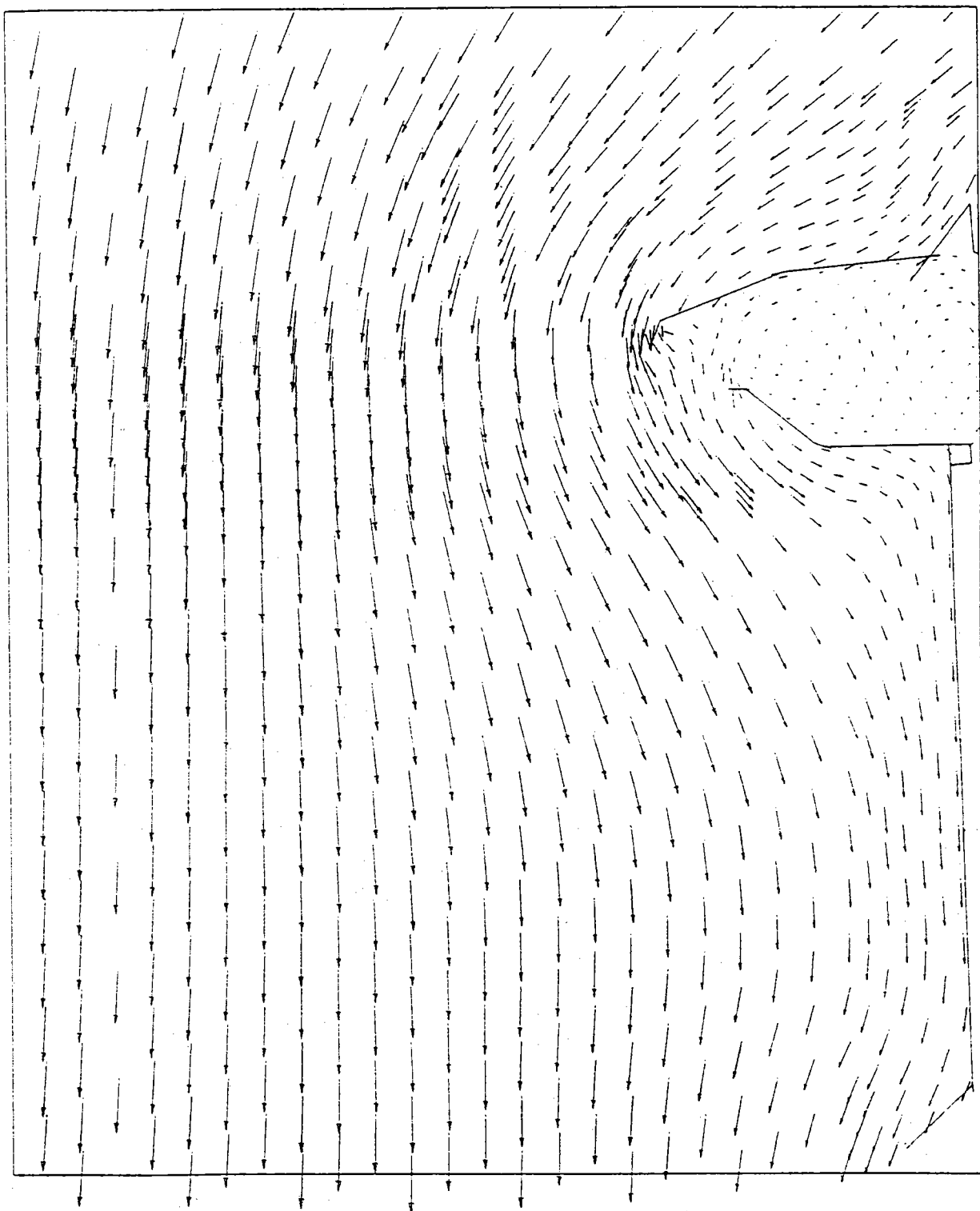


0171

圖 3-10(e) 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 9小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : A M T- 12.50 HR
(TCXNC) 70 CM/SEC

WIND



0171

圖 3-10(f) 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置流速分佈圖

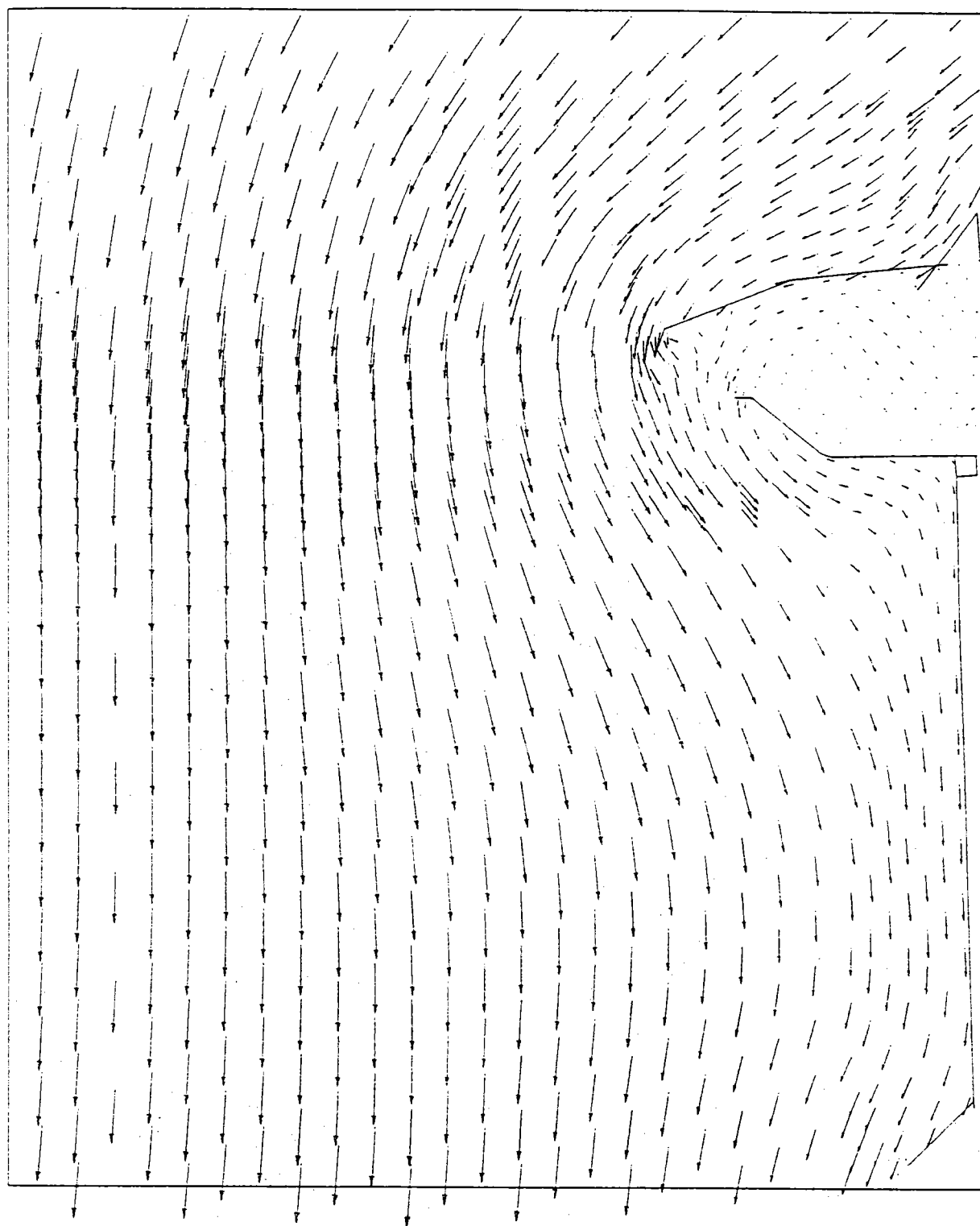
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 11小時後)

TIME : 13.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : A M T : 12.50 HR
(TCXND) 40 CM/SEC →



WIND



0169

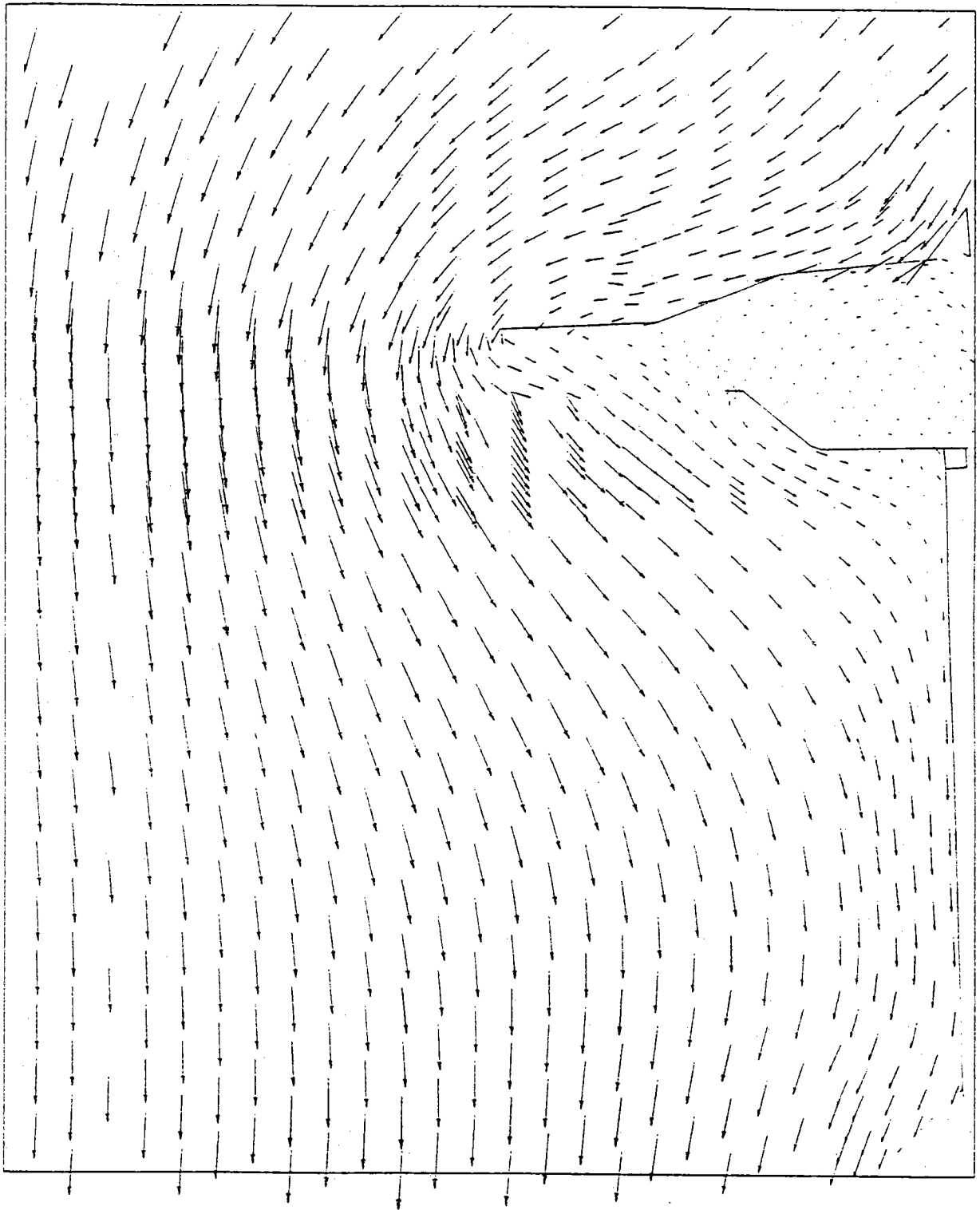
圖 3-10(g) 台中港小區域 (S 區域) A 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 13小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : A H T : 12.50 HR
(TCVNO) 30 CM/SEC →

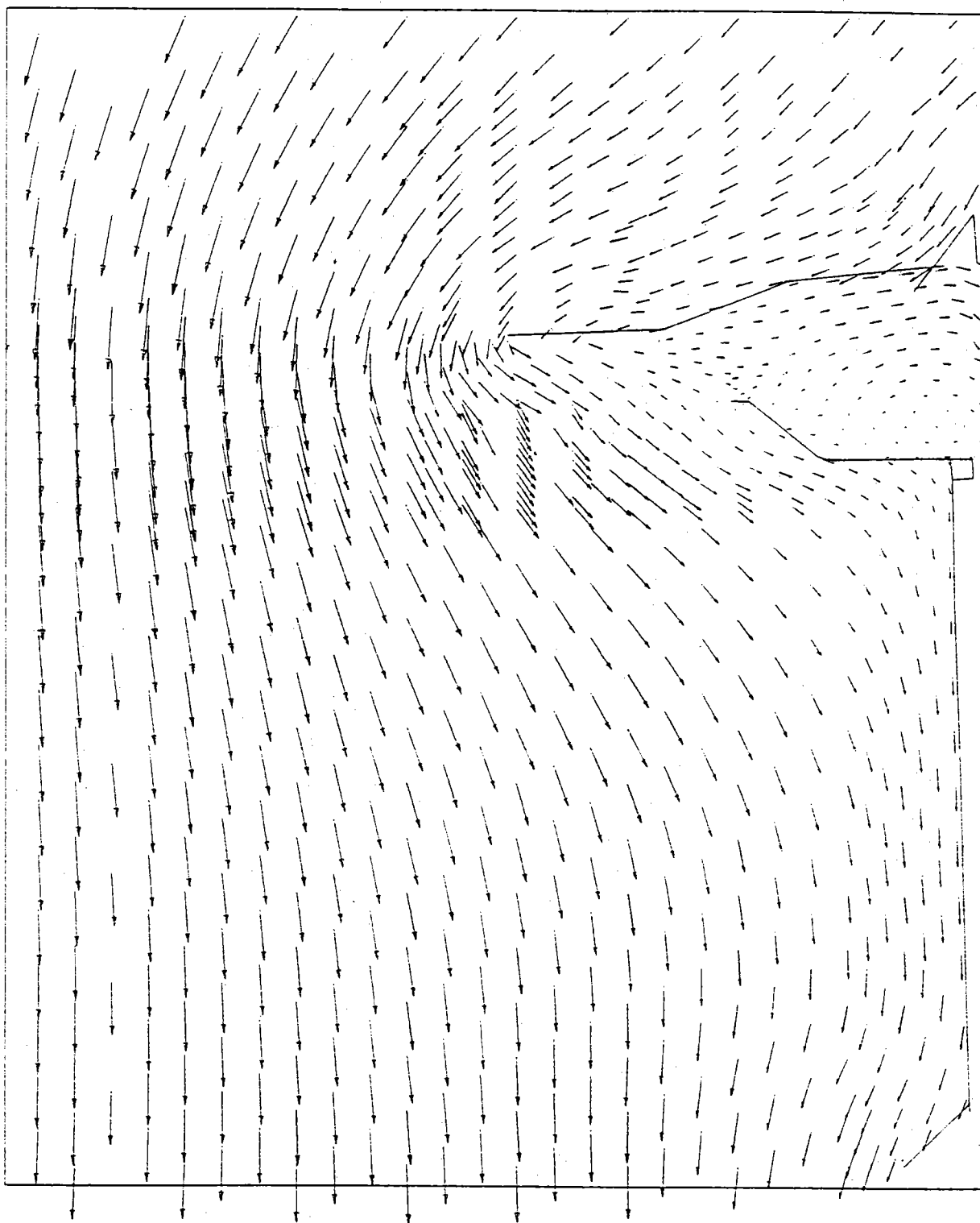
WIND



0176

圖 3-11(a) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 1小時後)

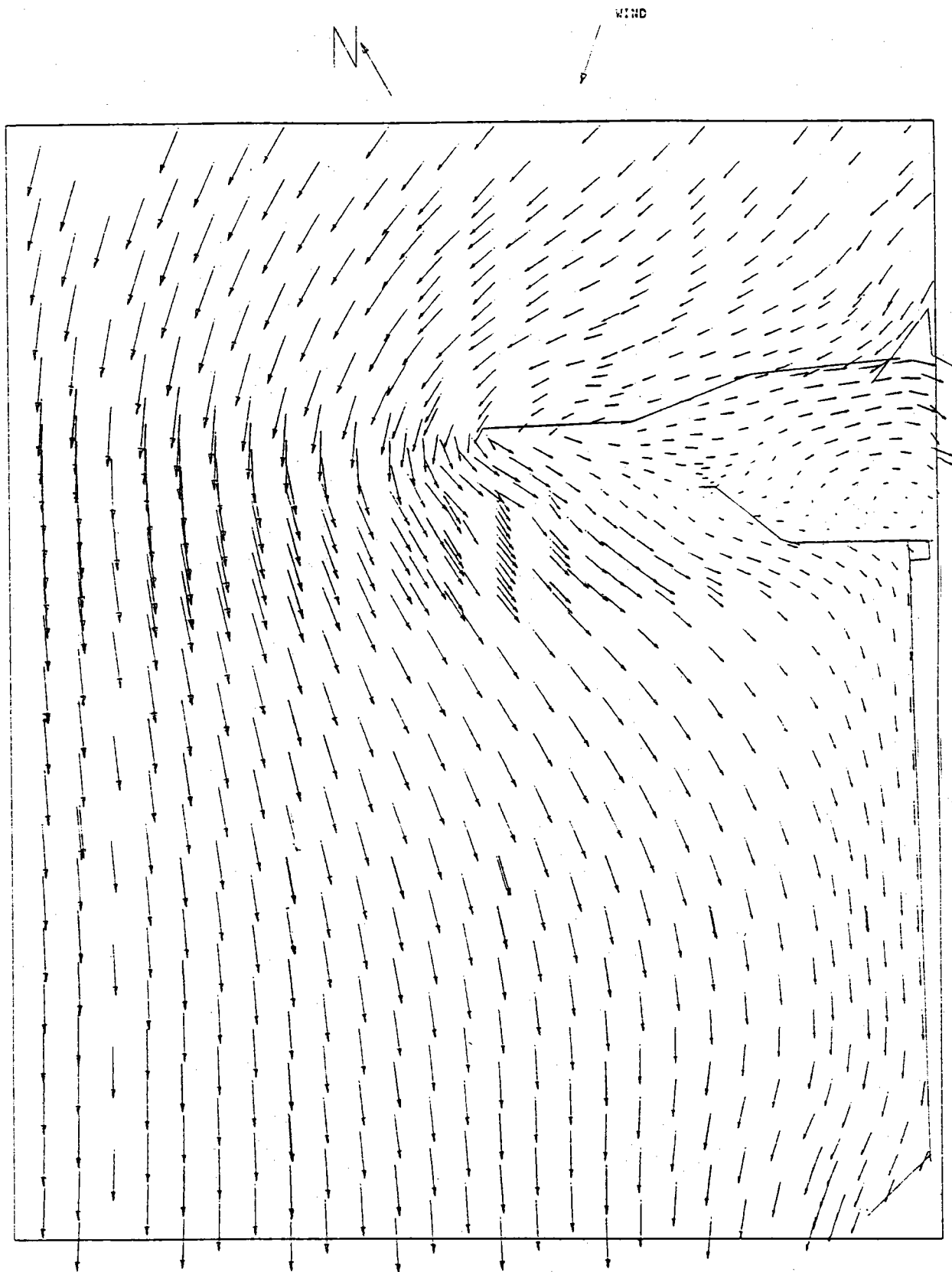
TIME : 3.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T 12.50 HR
(TCVNO) 30 CM/SEC → WIND



0175

圖 3-11(b) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 3小時後)

TIME : 5.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- : 12.50 HR
(TCVNC) 120 CM/SEC

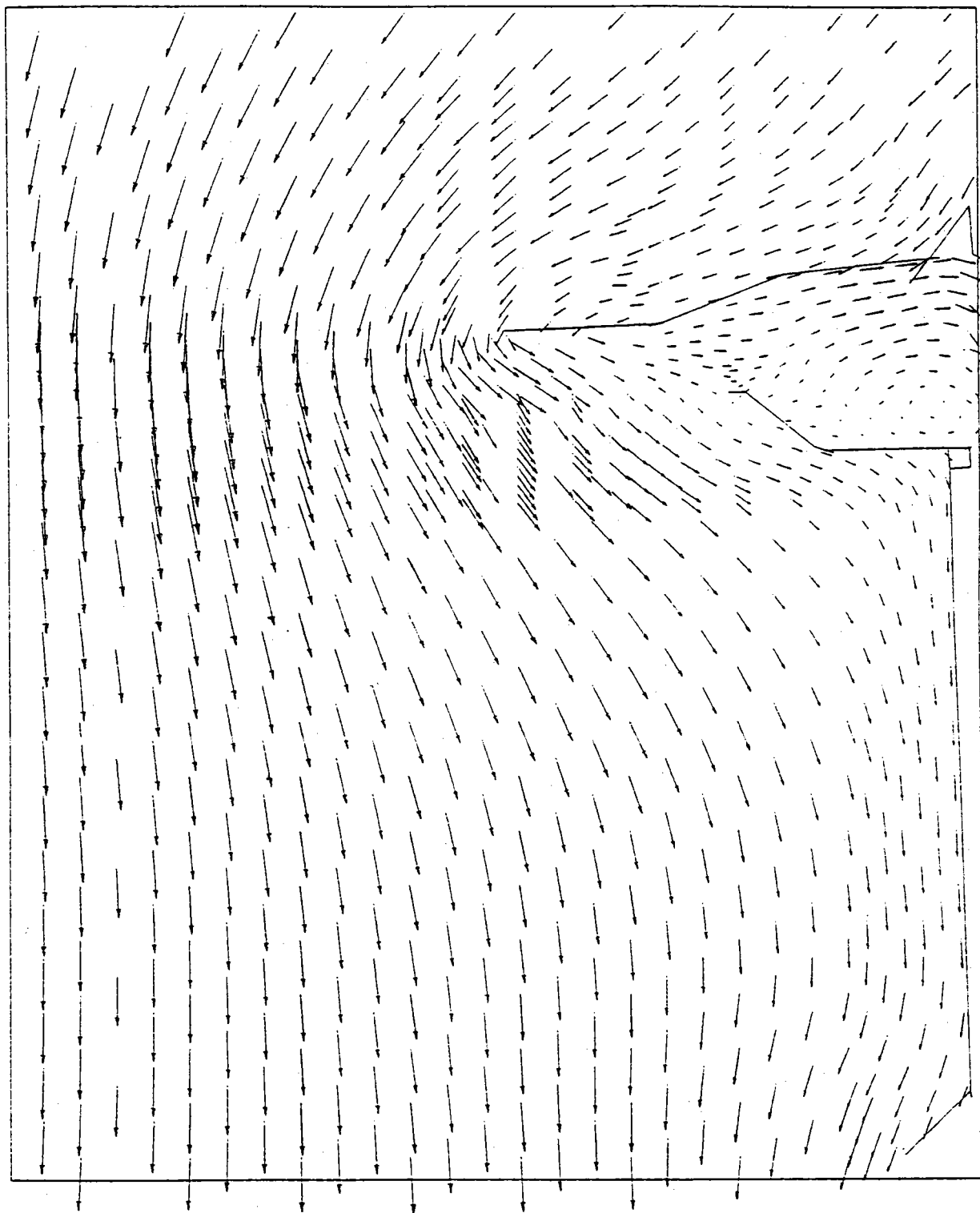


0174

圖 3-11(c) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 5小時後)

TIME : 7.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T : 12.50 HR
(TCVND) 140 CM/SEC

WIND



0173

圖 3-11(d) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 7小時後)

TIME : 9.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- : 2.50 HR
(TCVNC) : 110 CM/SEC

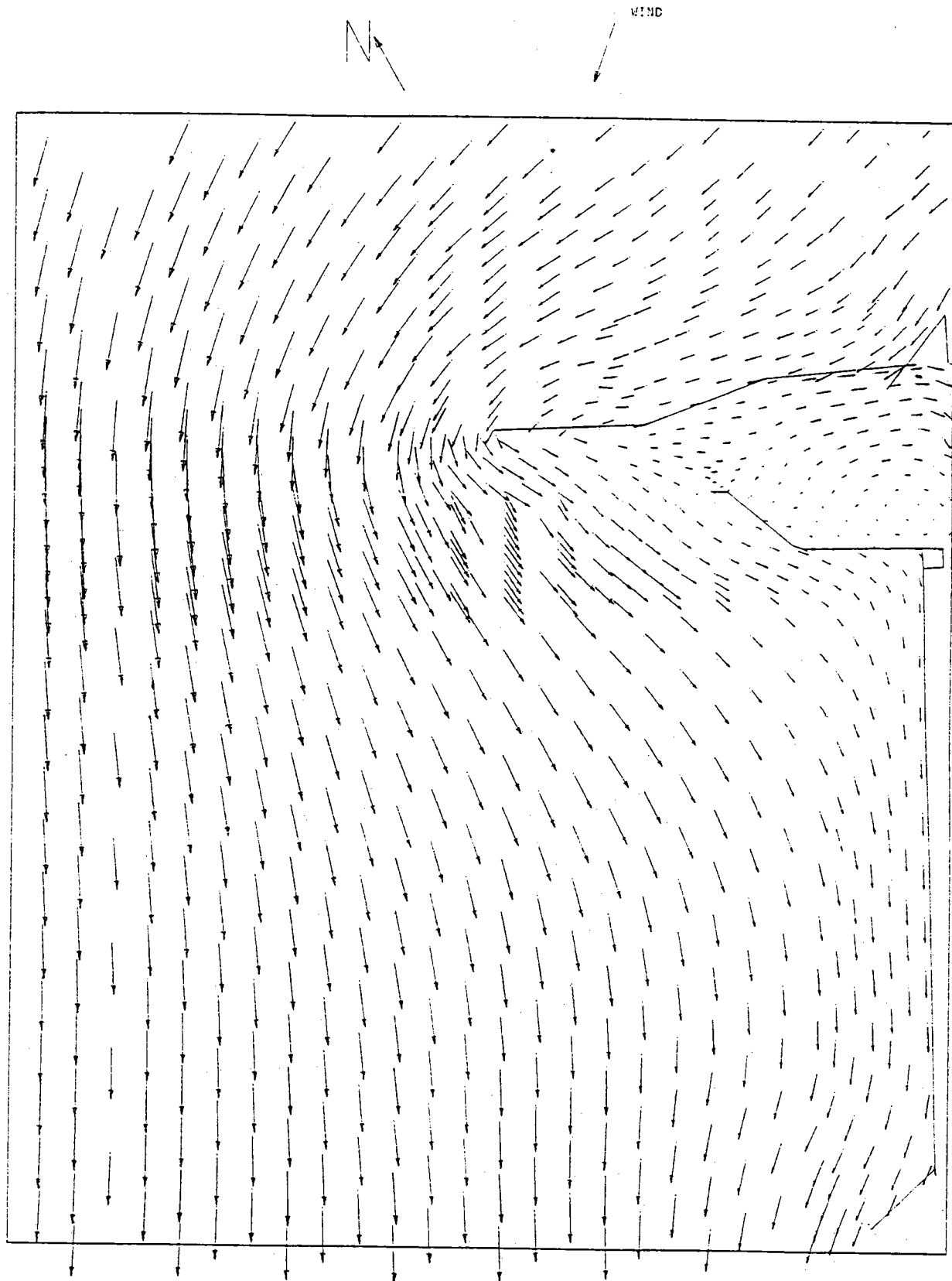
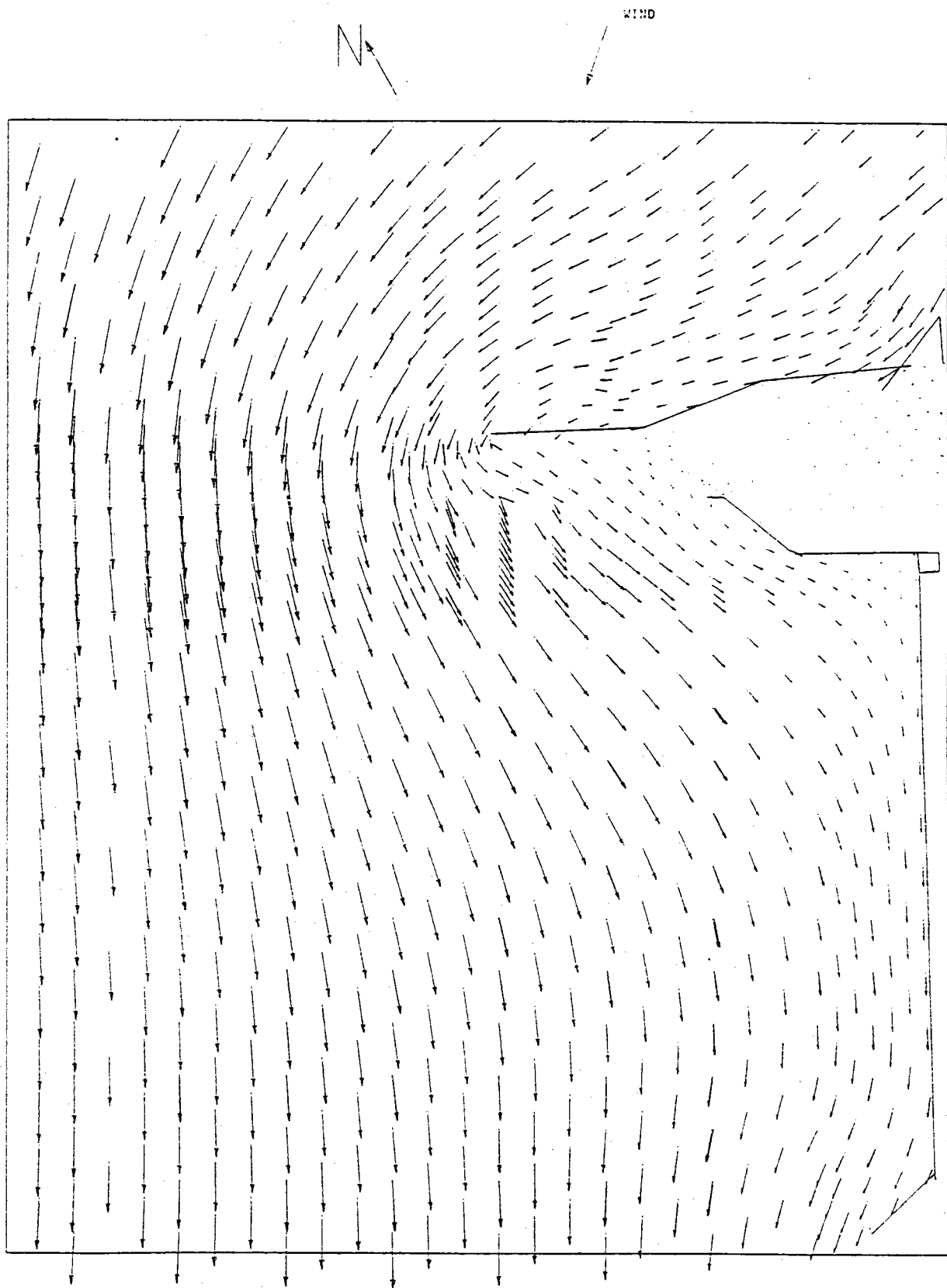


圖 3-11(e) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 9小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNG) 70 CM/SEC →



0179

圖 3-11(f) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 11小時後)

TIME : 13.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNC) 40 CM/SEC

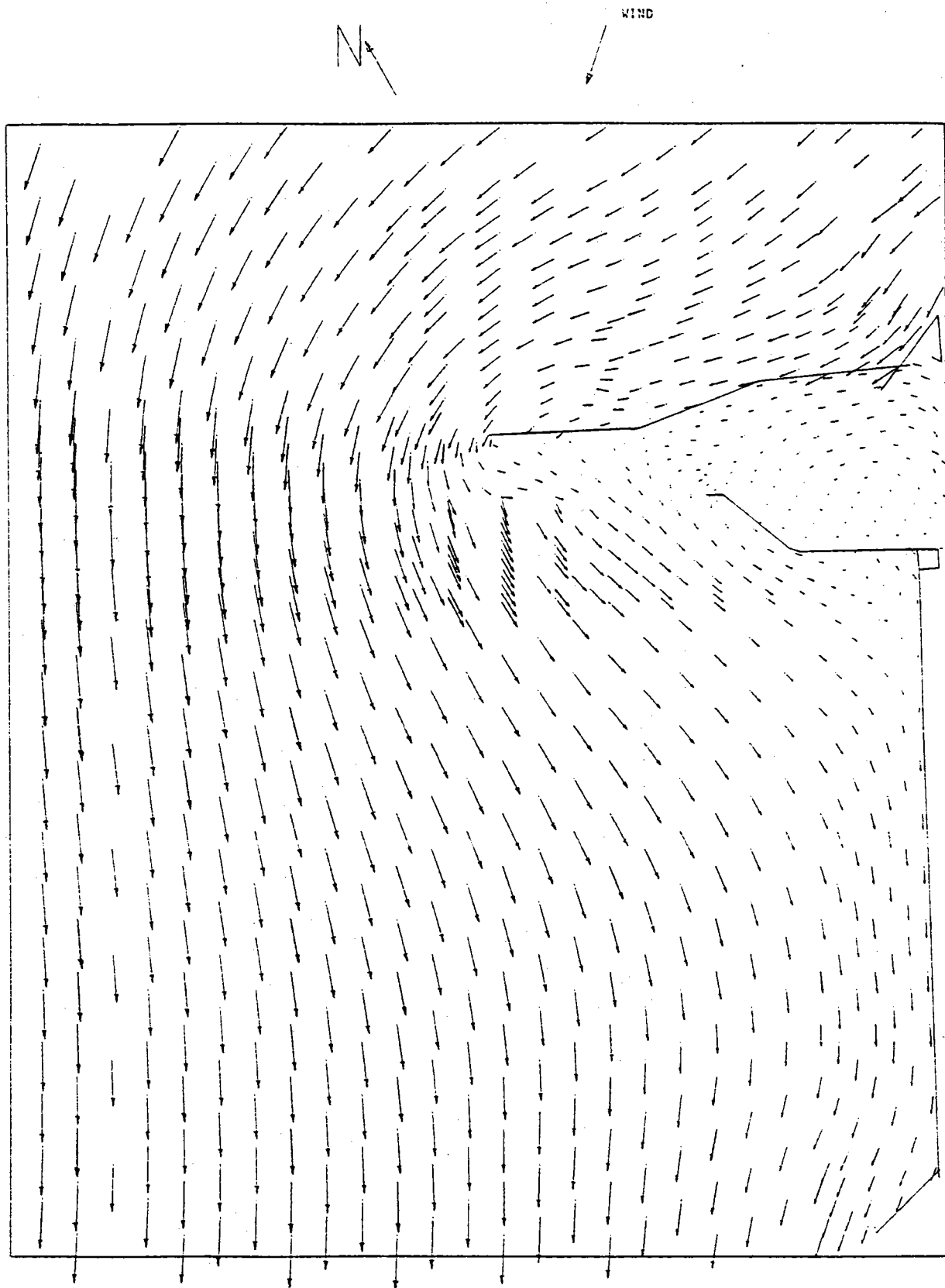


圖 3-11(g) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖

(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)

(計算時間: 13小時後)

TIME : 1.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCWNG) 30 CM/SEC

WIND

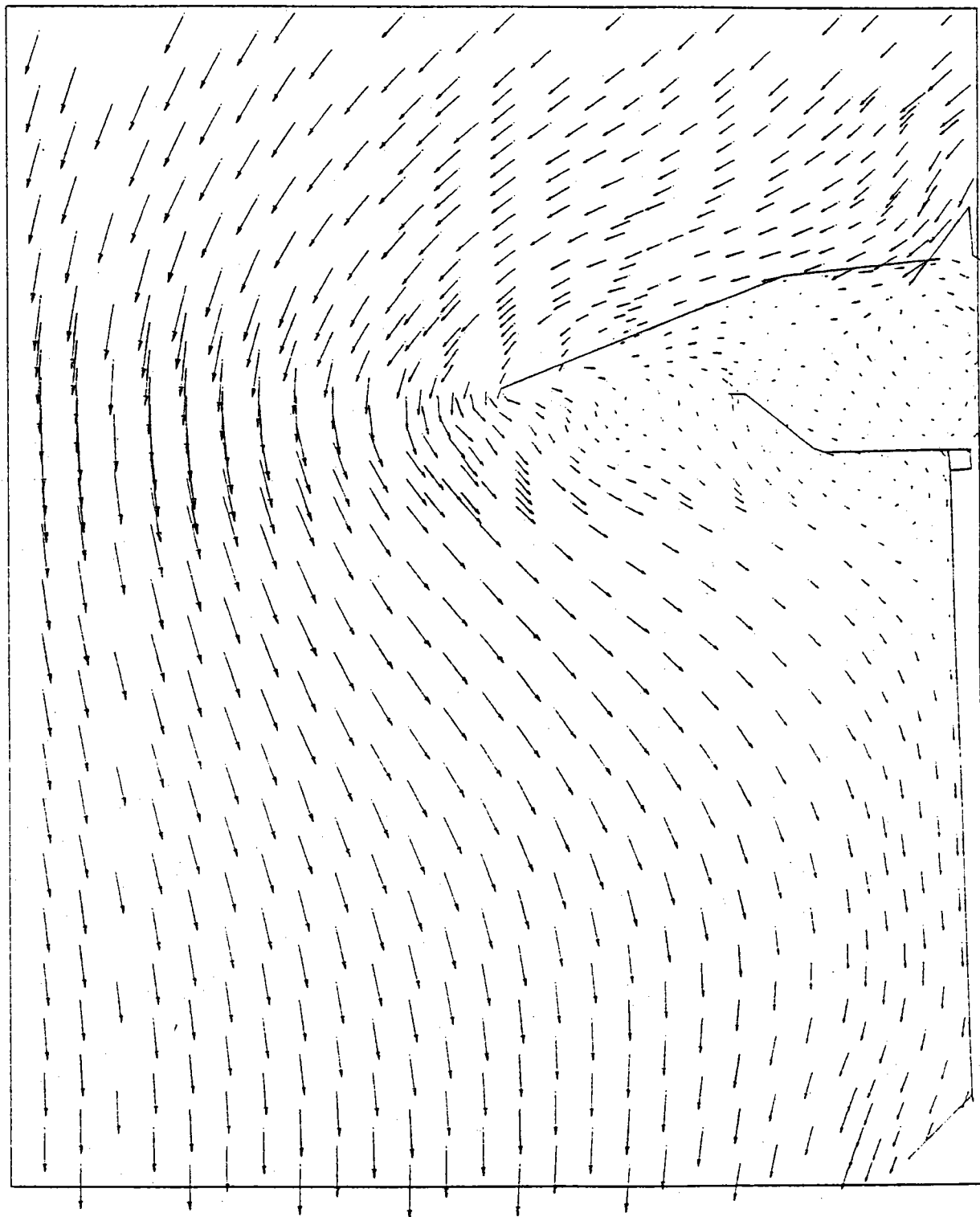


圖 3-12(a) 台中港小區域 (S 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 1小時後)

TIME : 3.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T : 12.50 HR
(TCWNG) 00 CM/SEC →

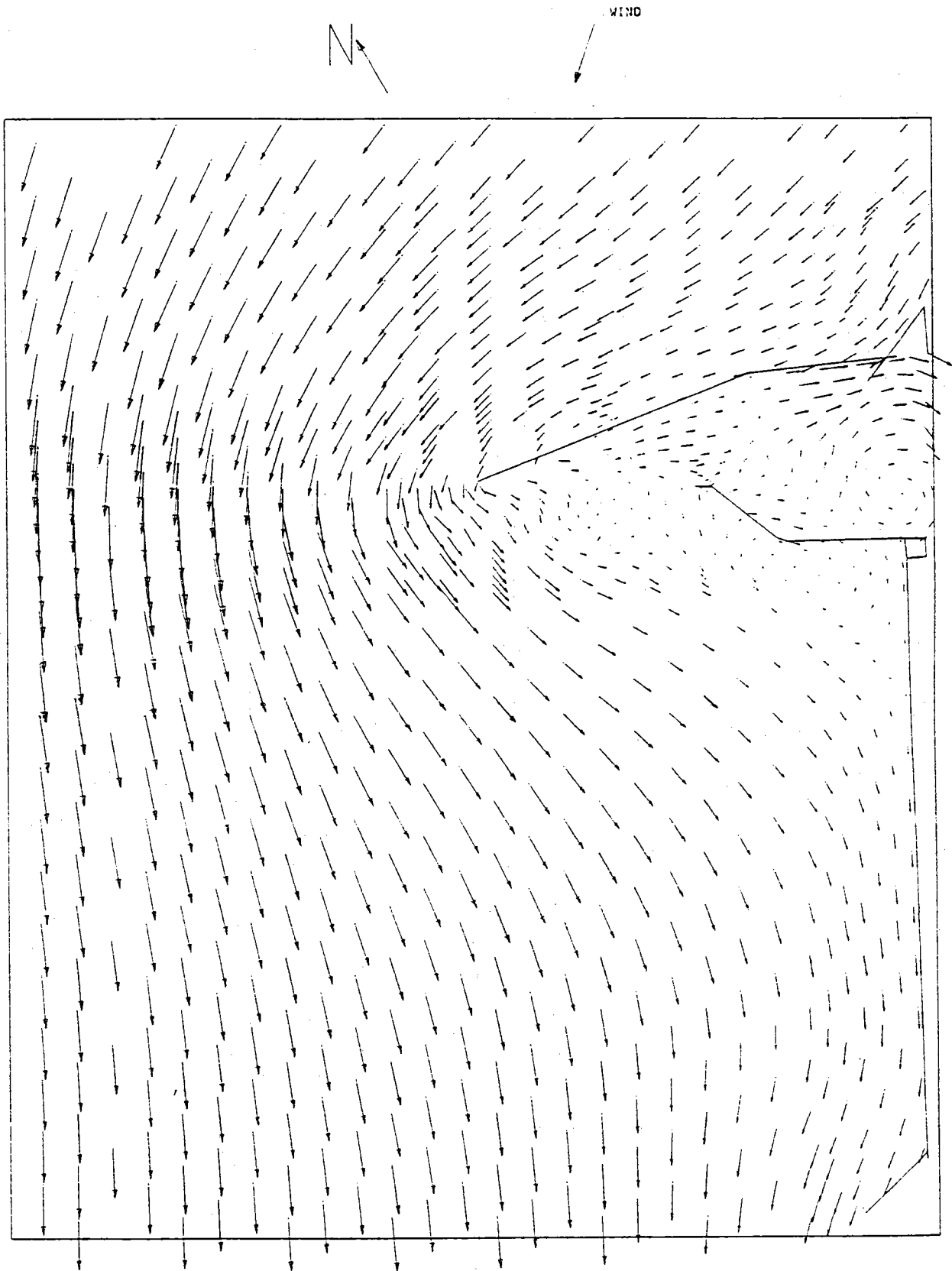


圖 3-12(b) 台中港小區域 (S 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 3小時後)

TIME : 5.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T = 12.50 HR
(TCWNG) 120 CM/SEC

WIND

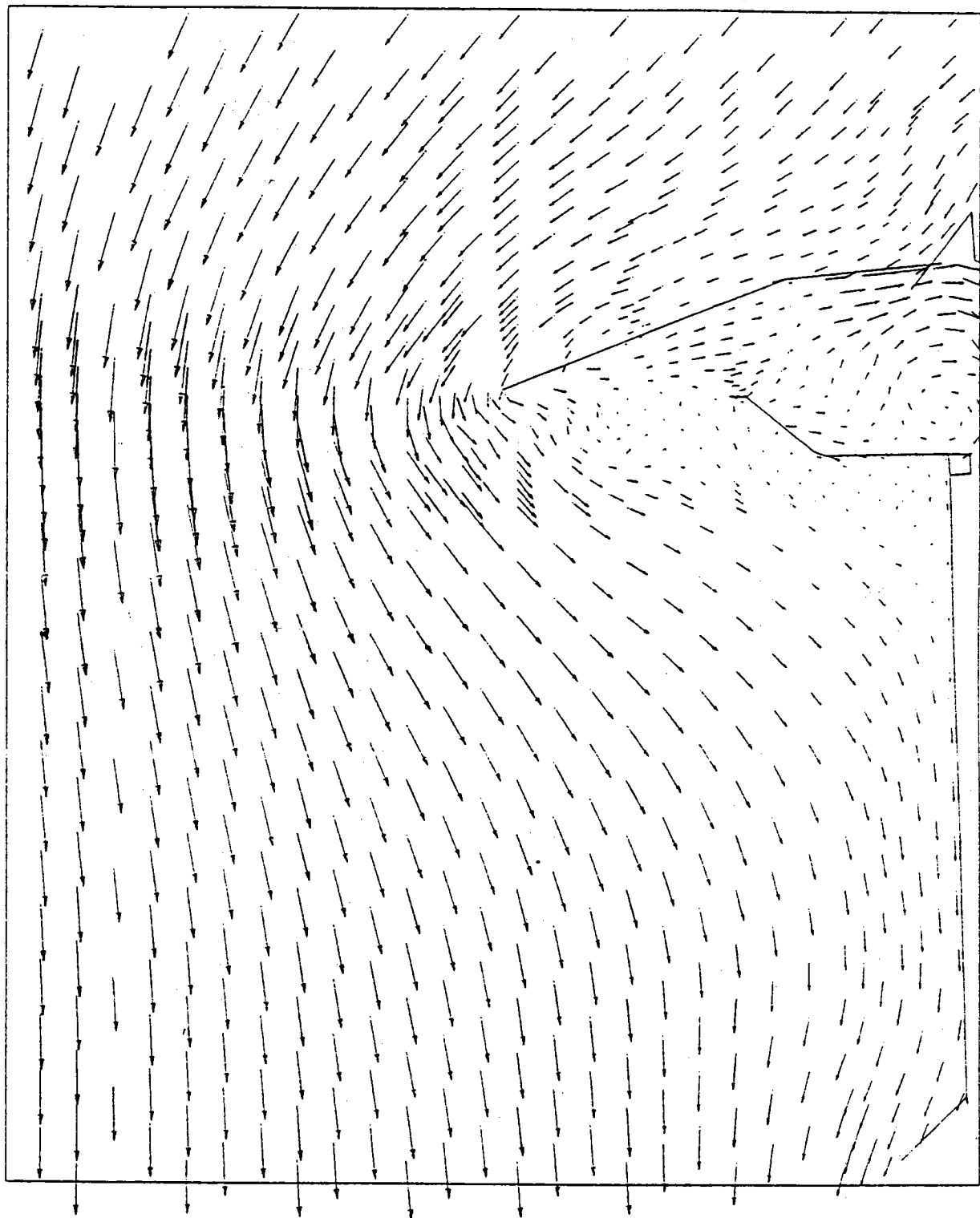
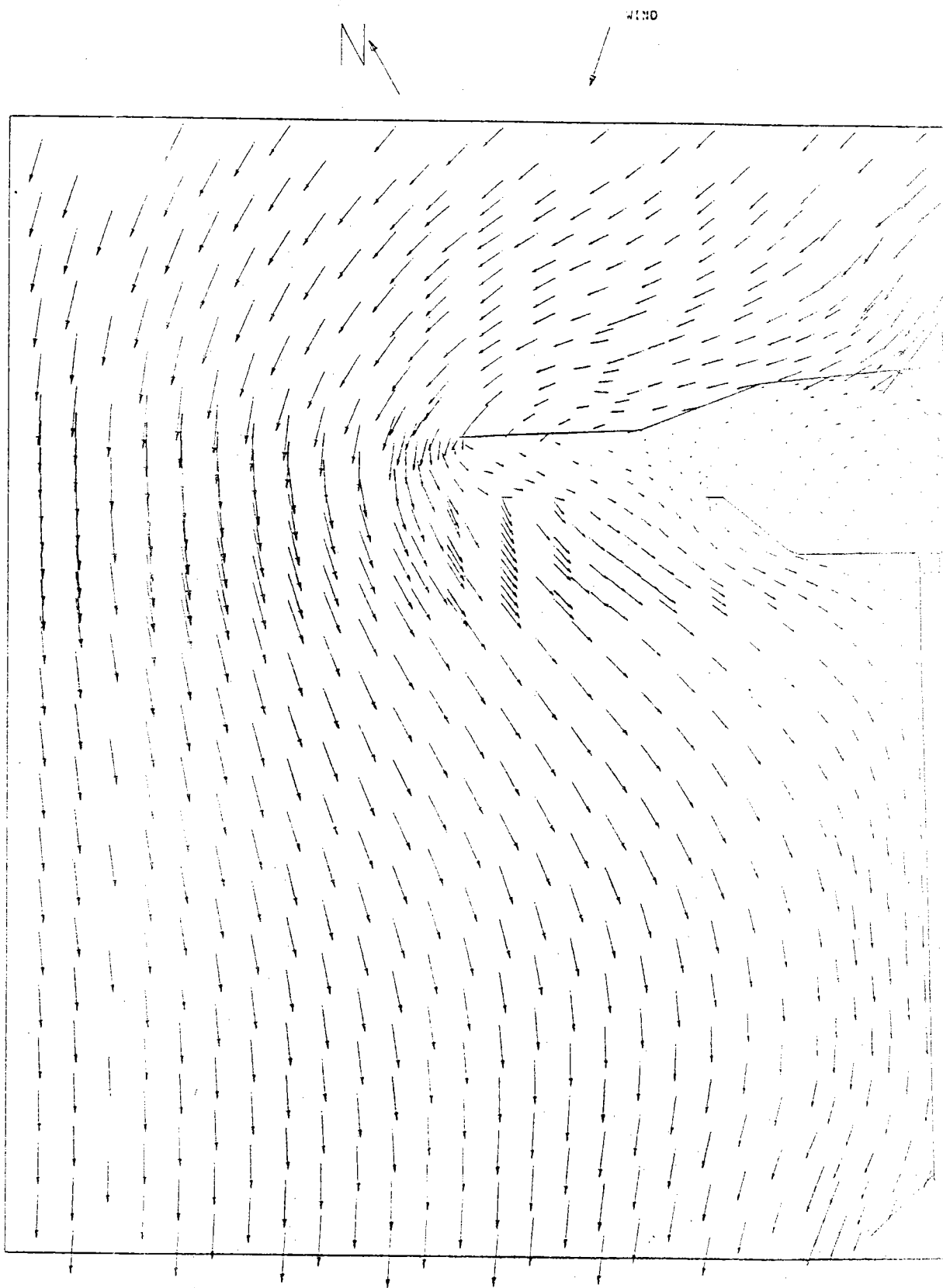


圖 3-12(c) 台中港小區域 (S 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 5小時後)

0190

TIME : 1.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNA) 30 CM/SEC



0177

圖 3-14(a) 台中港小區域 (S 區域) B-2 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 50 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 1小時後)

TIME : 9.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T : 12.50 HR
(TCWNG) 11.0 CM/SEC

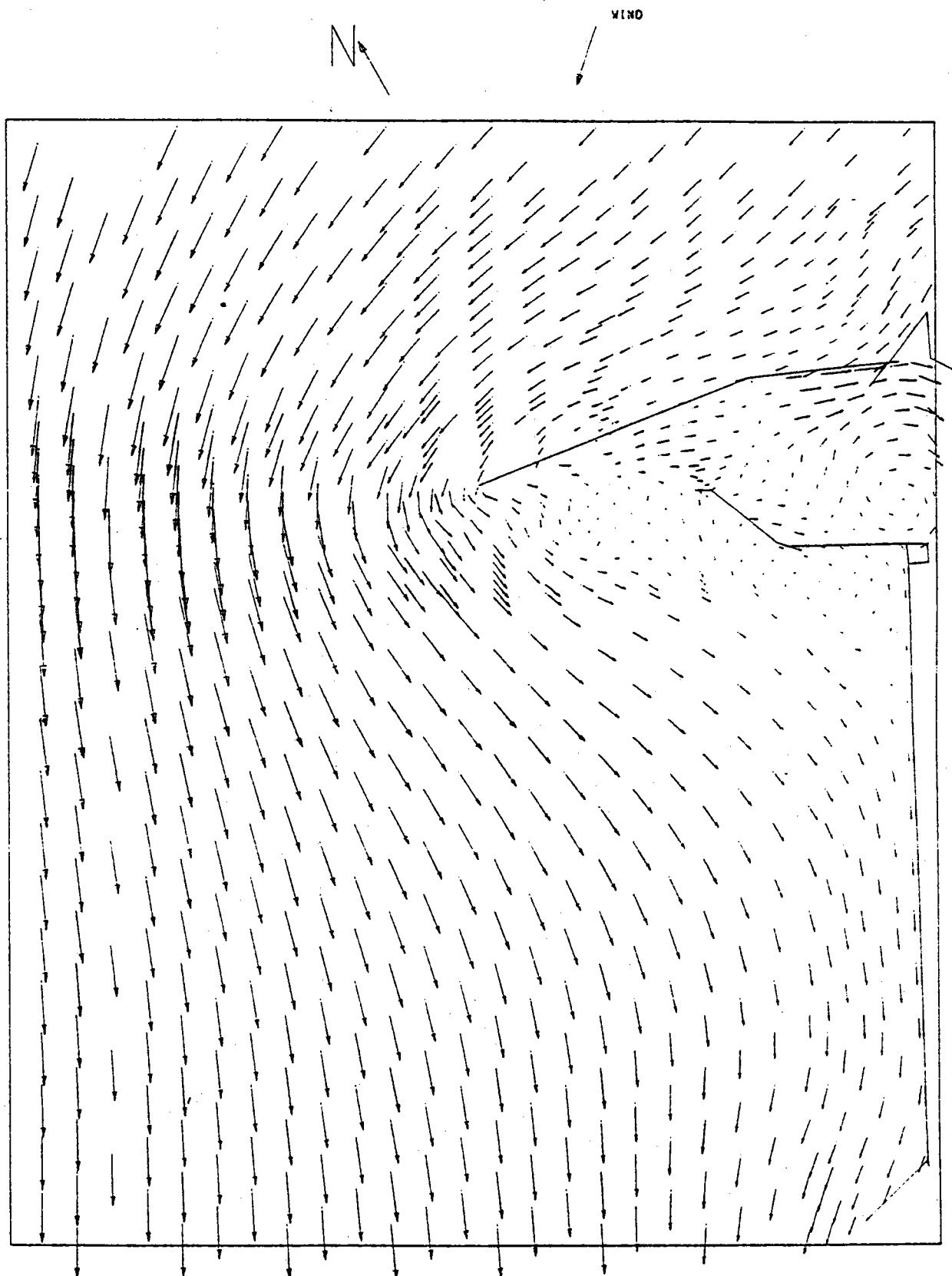


圖 3-12(e) 台中港小區域 (S 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 9小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCWNO) 70 CM/SEC

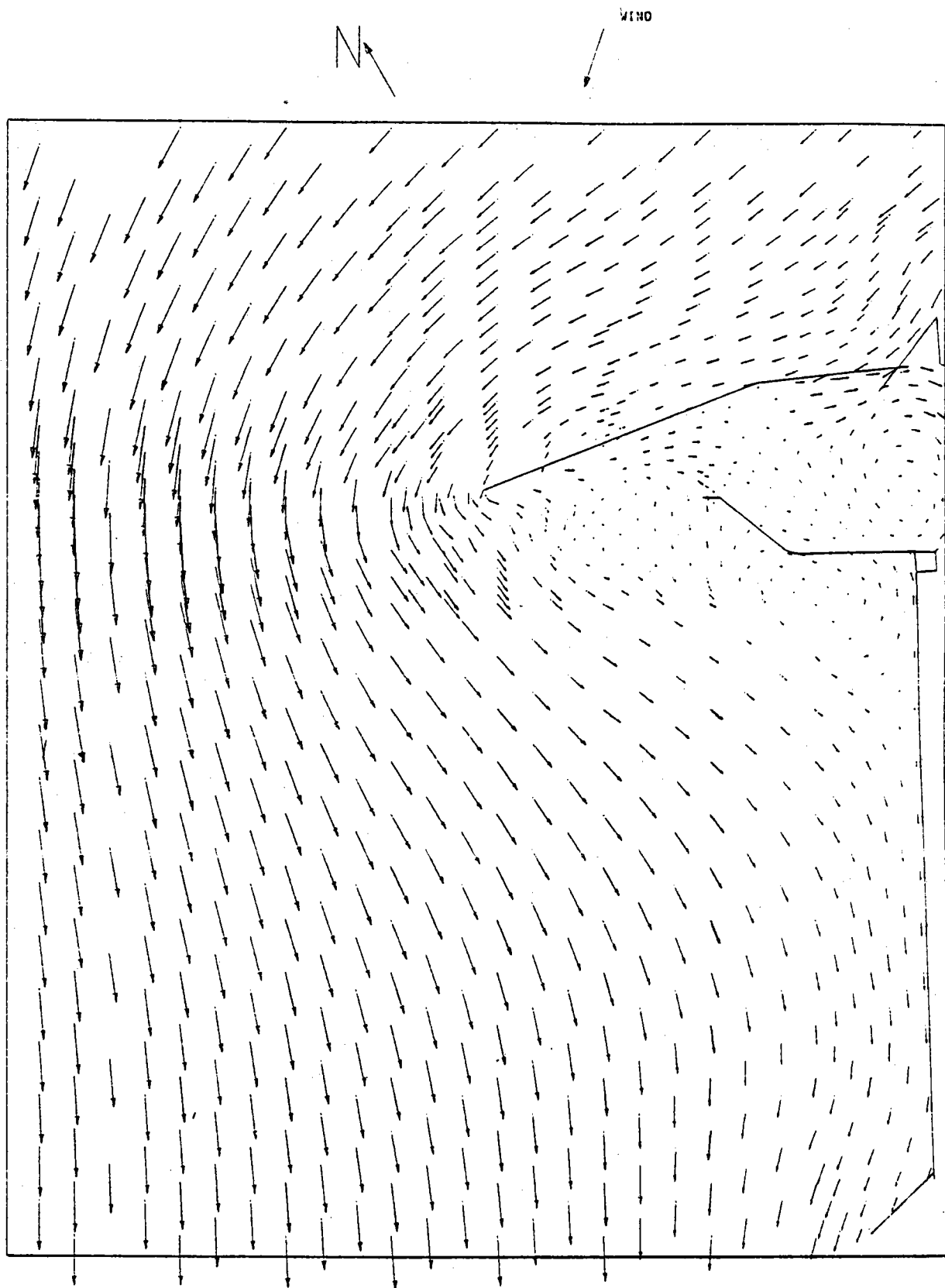
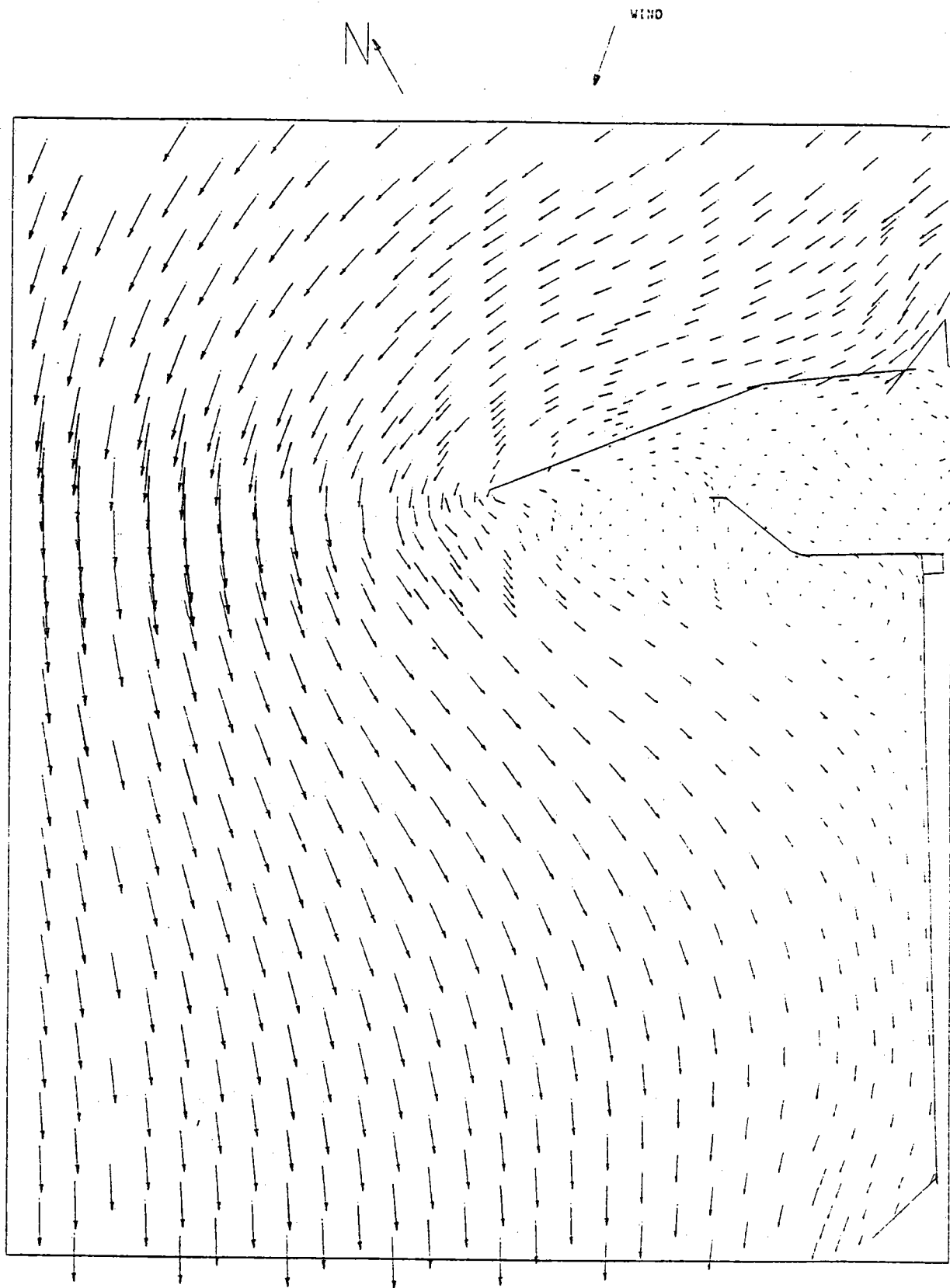


圖 3-12(f) 台中港小區域 (S 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 11小時後)

TIME : 13.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCWNG) 40 CM/SEC



019

圖 3-12(g) 台中港小區域 (S 區域) C-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 13小時後)

TIME : 11.00 HR WIND SPEED : 50.00 KNOTS N TIDE : 4 M T : 12.50 HR
(TCVNT) 40 CM/SEC →

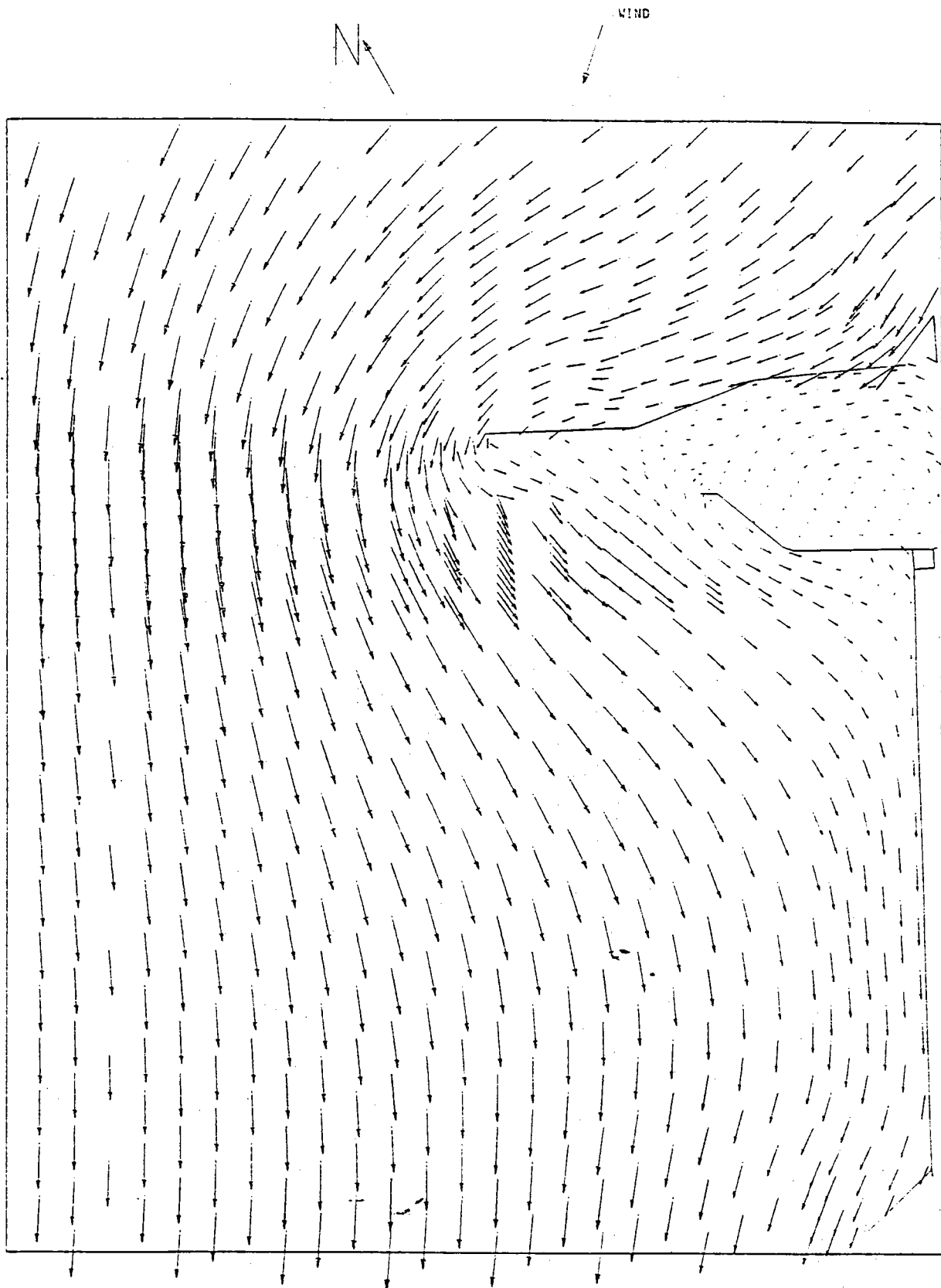


圖 3-13(a) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖

(東北風，平均風速 50 節，平均潮差 4公尺)

(計算時間：1小時後)

TIME : 3.00 HR WIND SPEED : 50.00 KNOTS N TIDE : A H T- 12.50 HR
(TCVNT) 100 CM/SEC

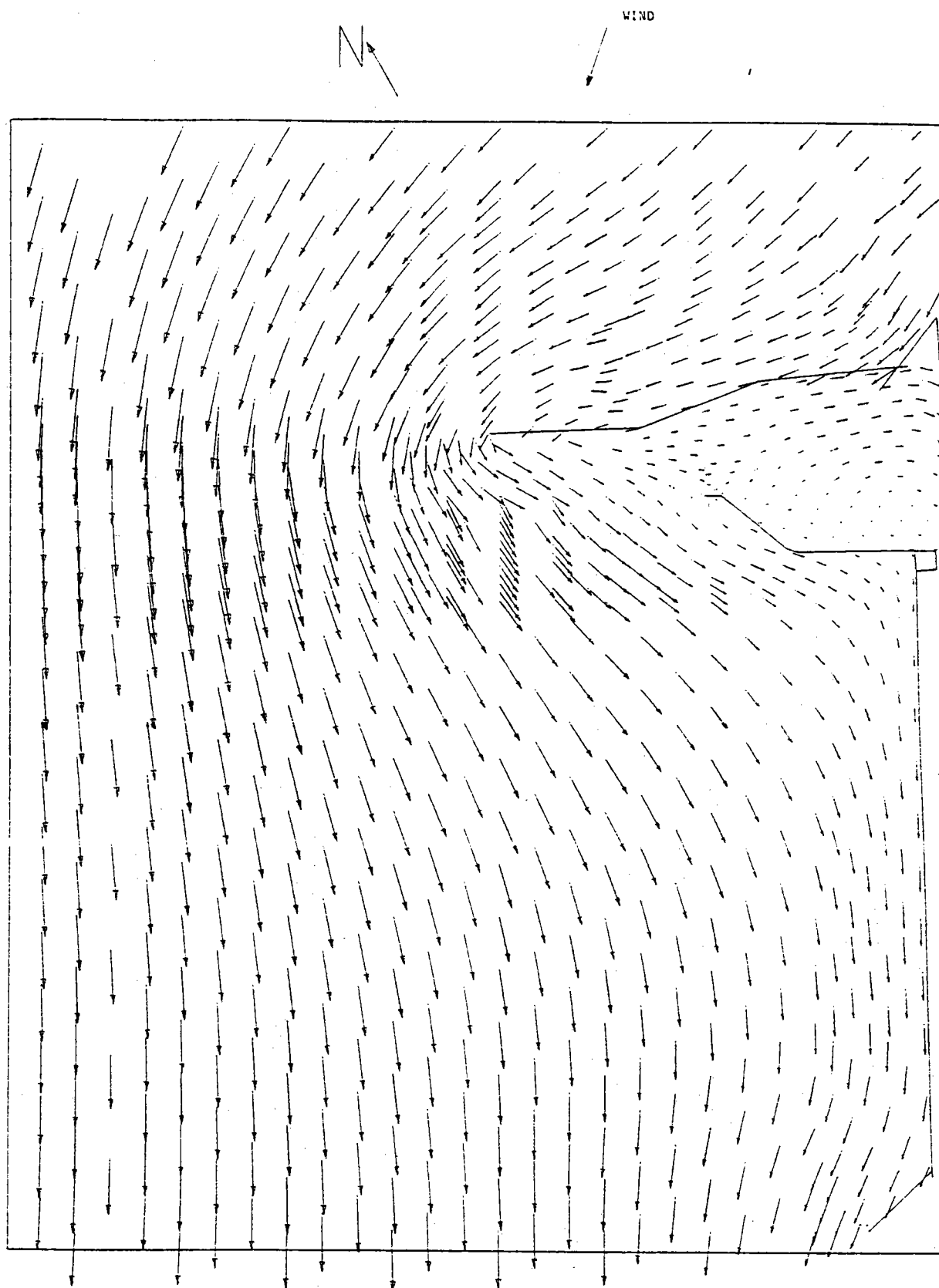
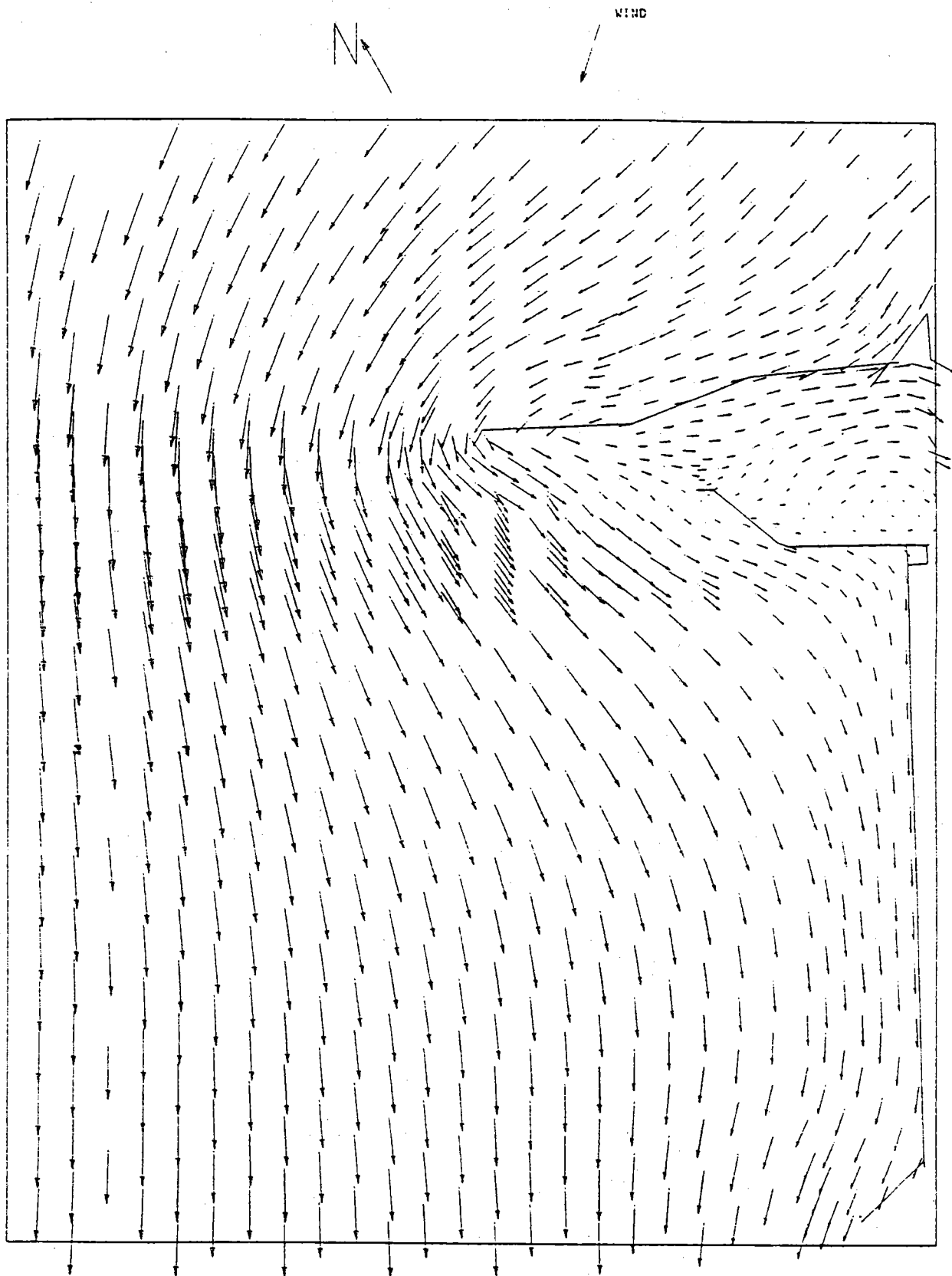


圖 3-13(b) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 50 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 3小時後)

TIME : 5.00 HR WIND SPEED : 50.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNT) 130 CM/SEC →



0198

圖 3-13(c) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 50 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 5小時後)

TIME : 7.00 HR WIND SPEED : 50.00 KNOTS H TIDE : 4 M T = 12.50 HR
(TCVNT) 140 CM/SEC

WIND

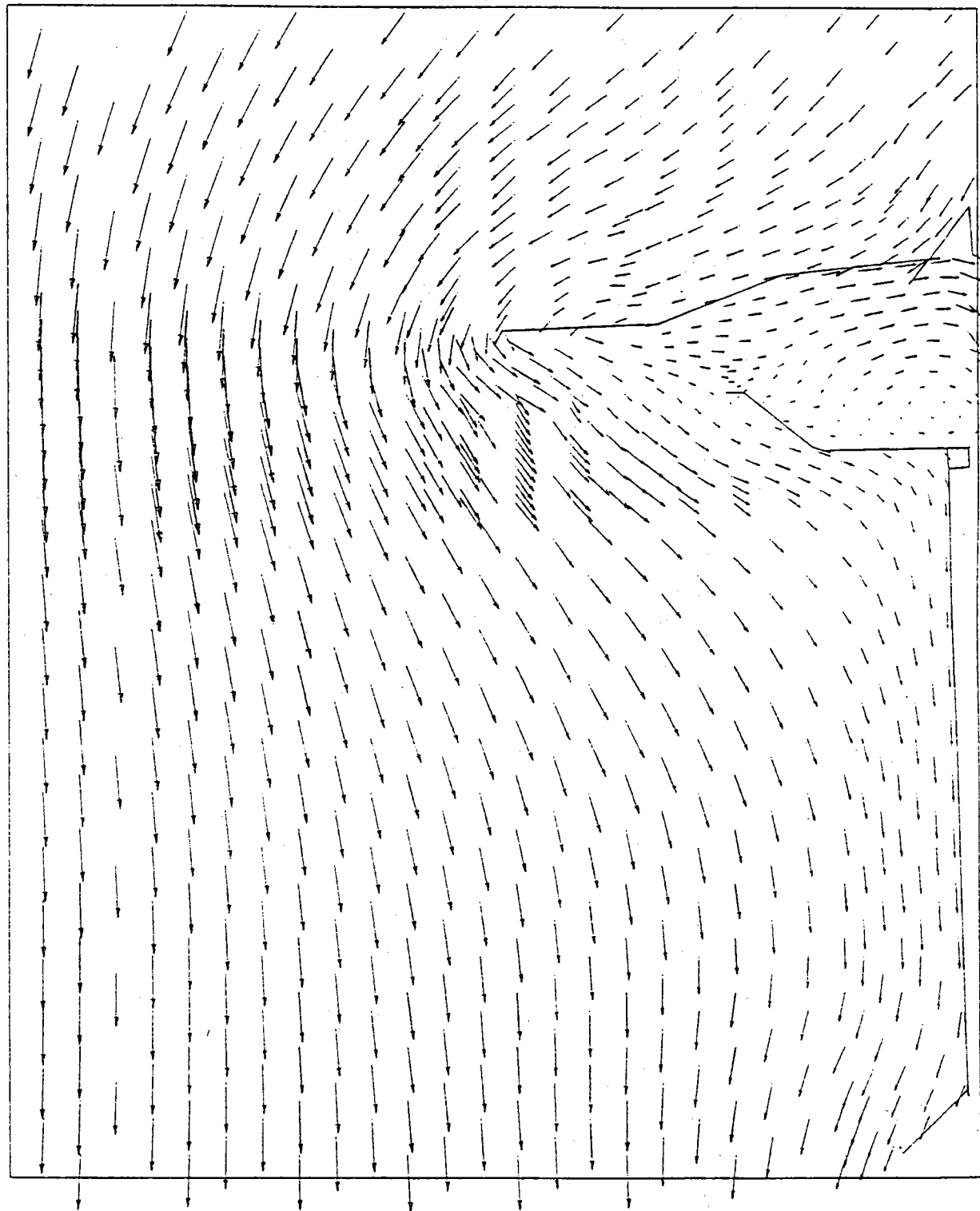


圖 3-13(d) 台中港小區域 (S 區域) B-1 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 50 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 7小時後)

TIME : 1.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNA) 30 CM/SEC

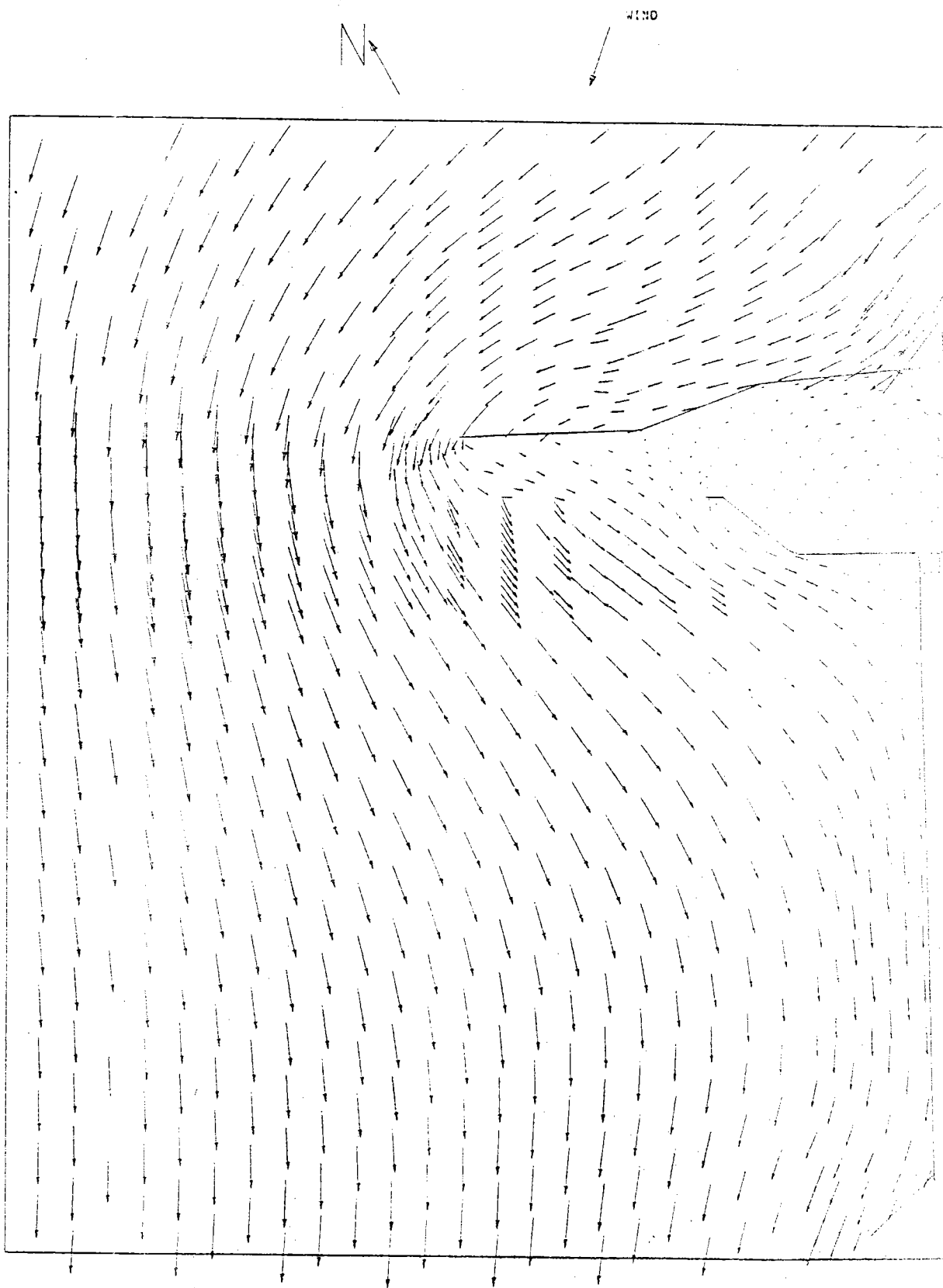


圖 3-14(a) 台中港小區域 (S 區域) B-2 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 50 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 1小時後)

TIME : 3.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS H TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNA) 90 CM/SEC

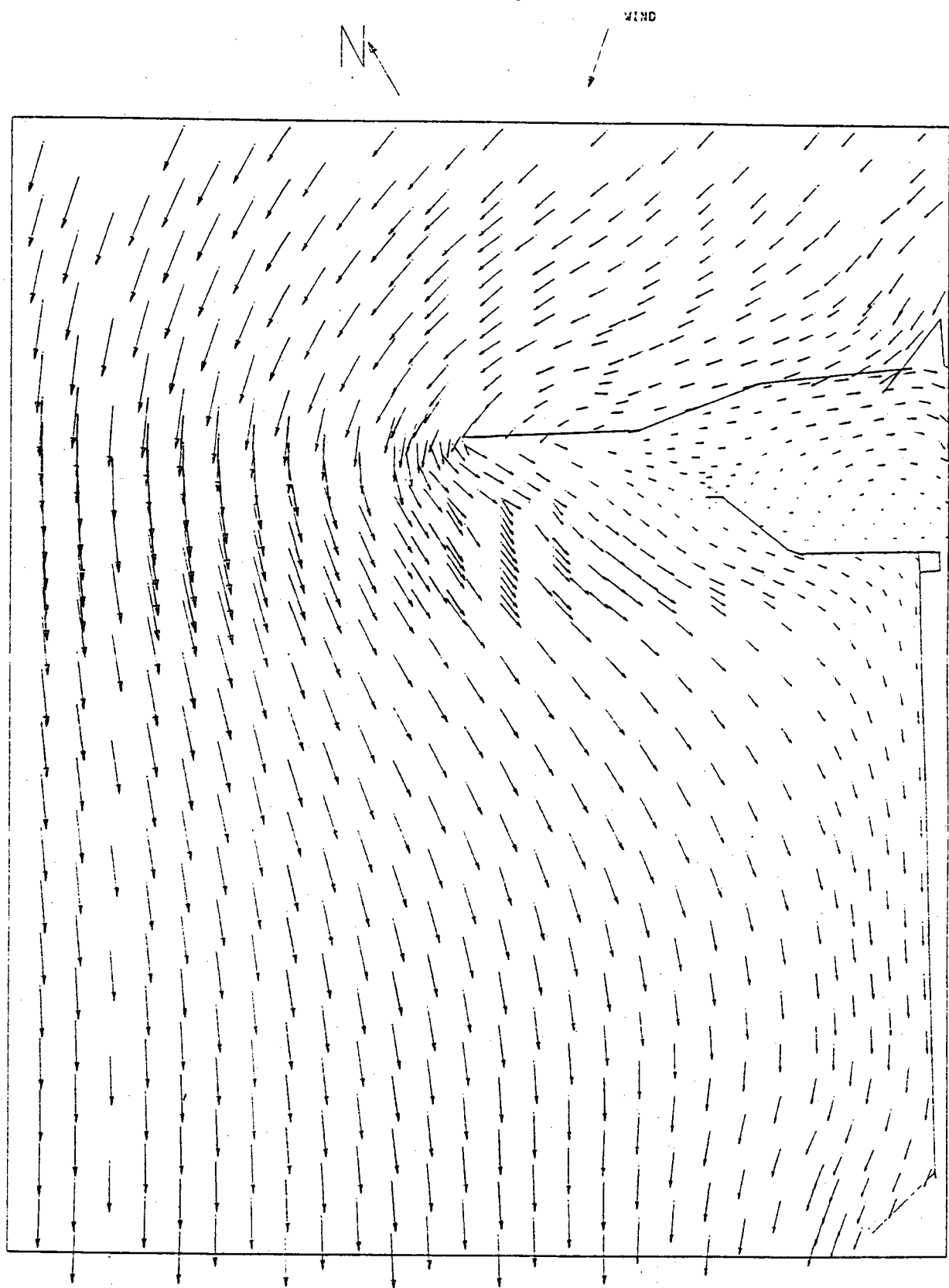


圖 3-14(b) 台中港小區域 (S 區域) B-2 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 3小時後)

TIME : 5.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : A M T- 12.50 HR
(TCVNA) 120 CM/SEC

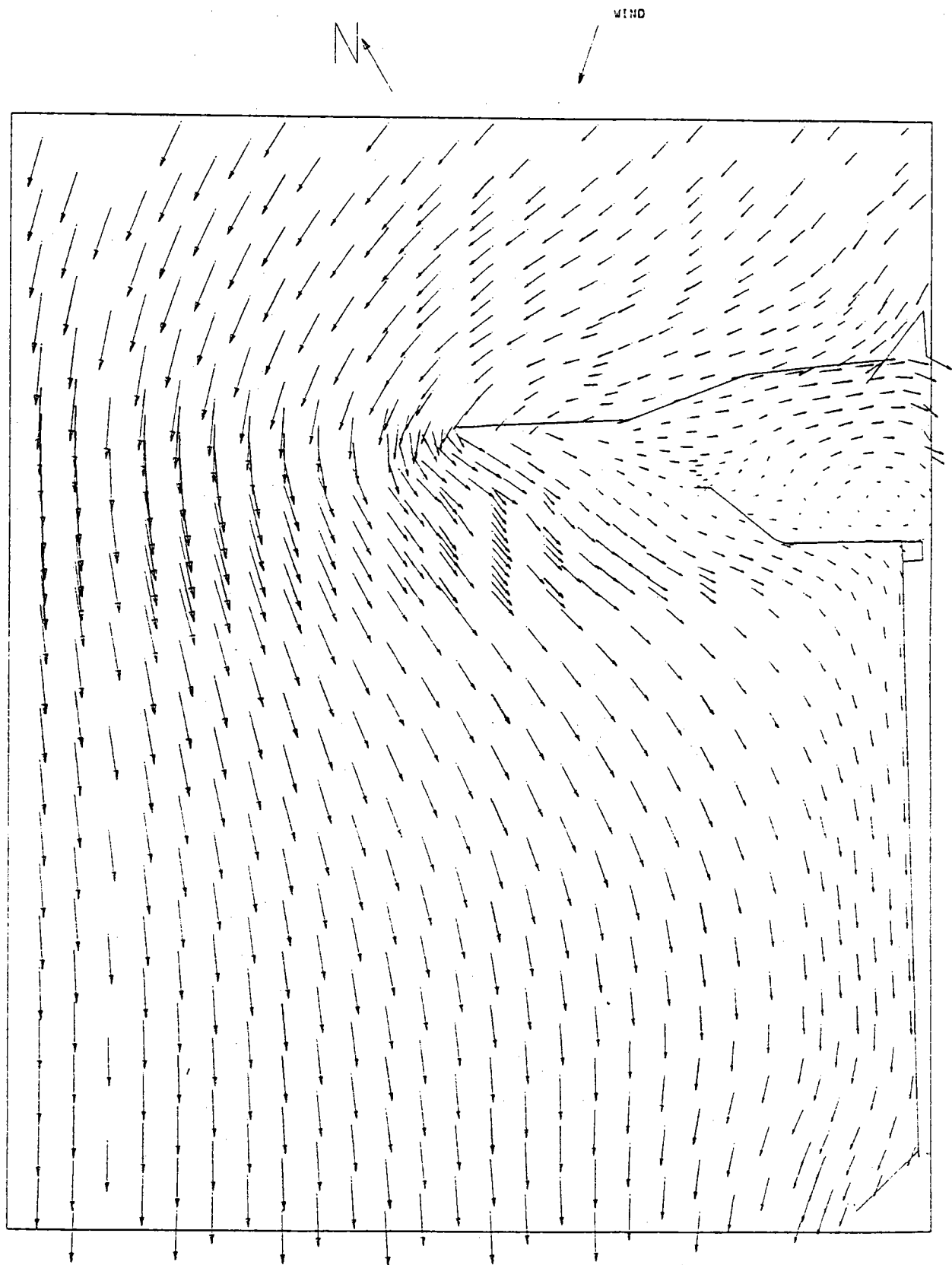


圖 3-14(c) 台中港小區域 (S 區域) B-2 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 5小時後)

TIME : 7.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNA) 140 CM/SEC

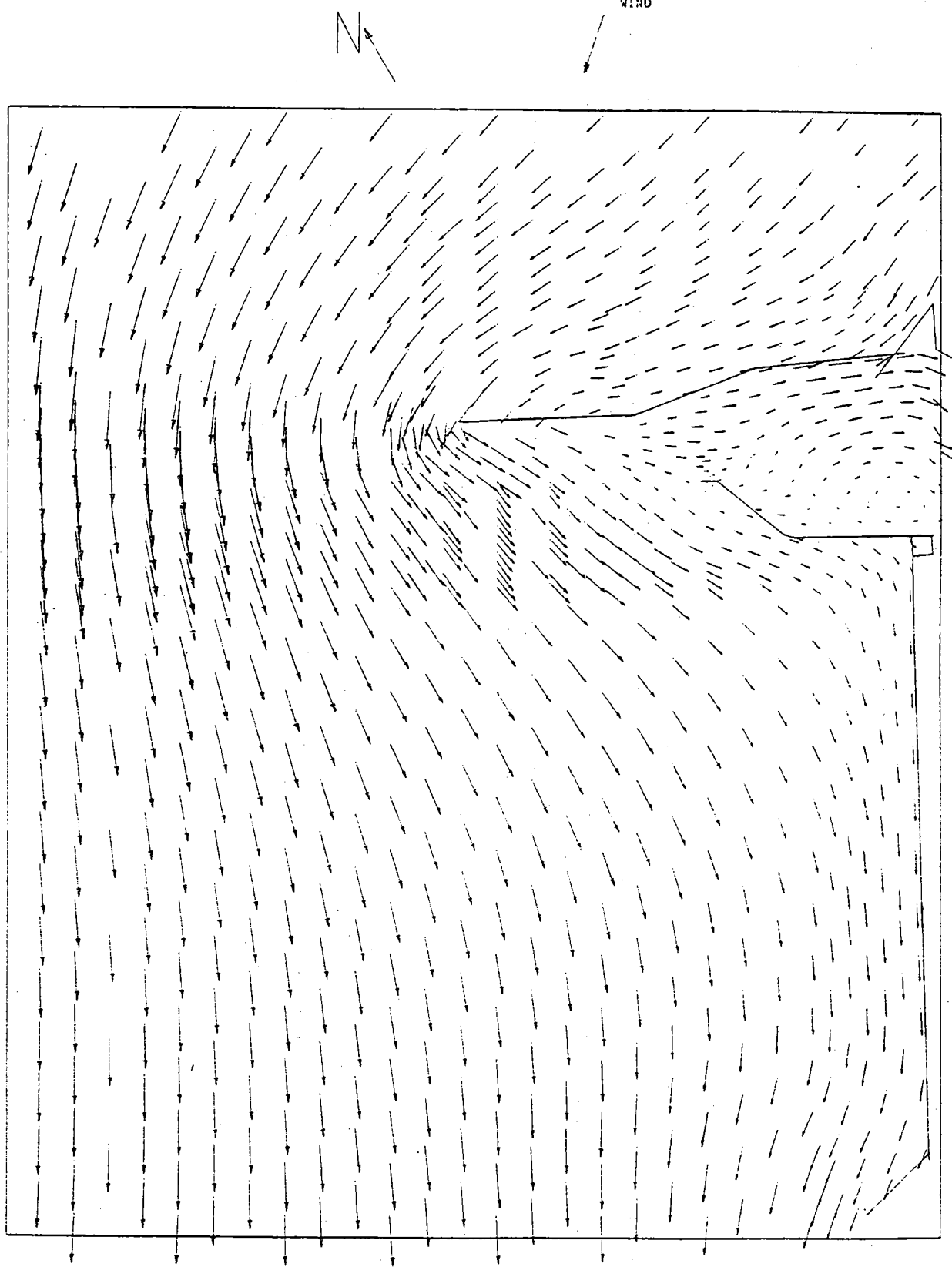


圖 3-14(d) 台中港小區域 (S 區域) B-2 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 7小時後)

TIME : 9.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNA) 110 CM/SEC

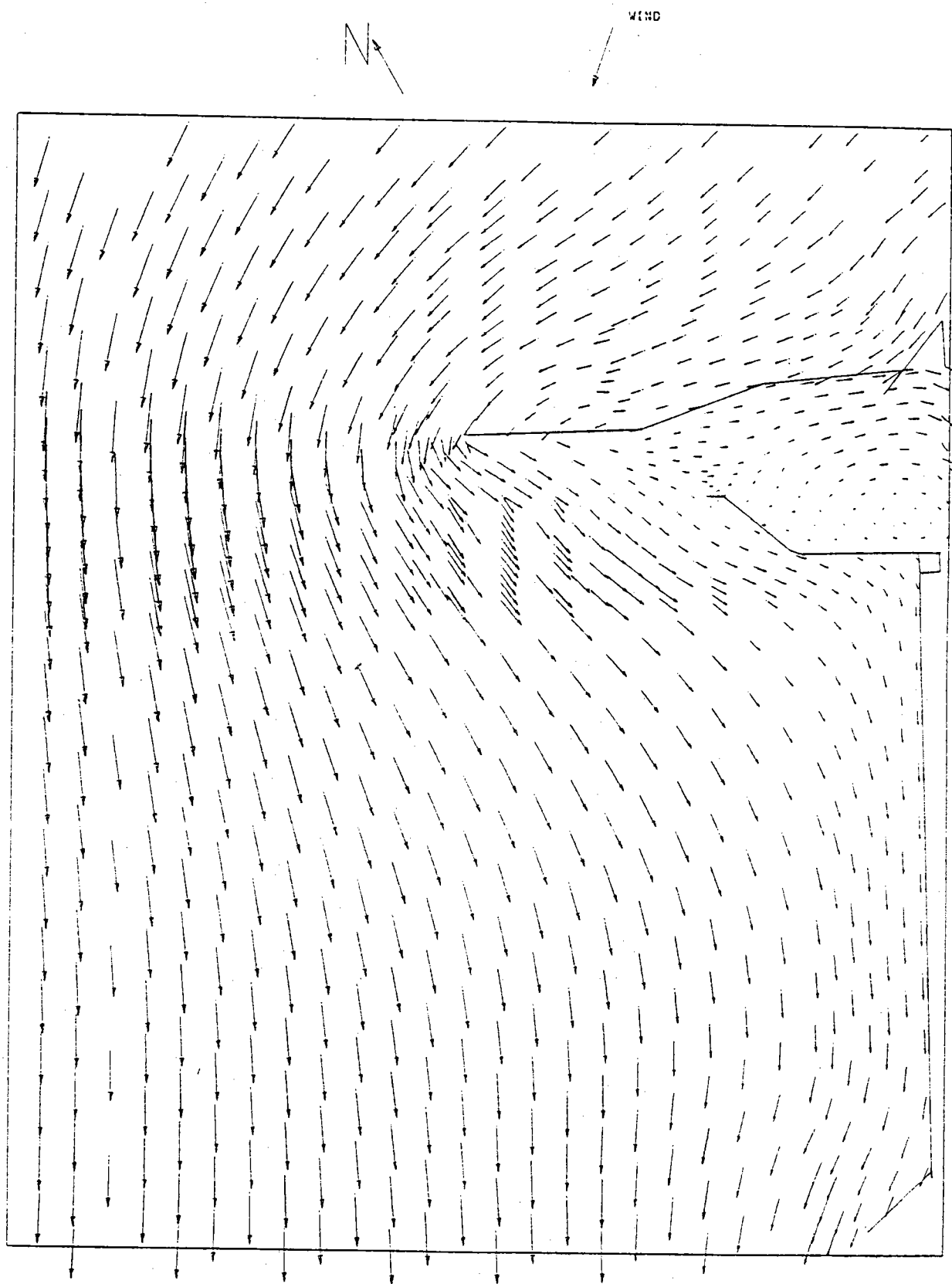


圖 3-14(e) 台中港小區域 (S 區域) B-2 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 9小時後)

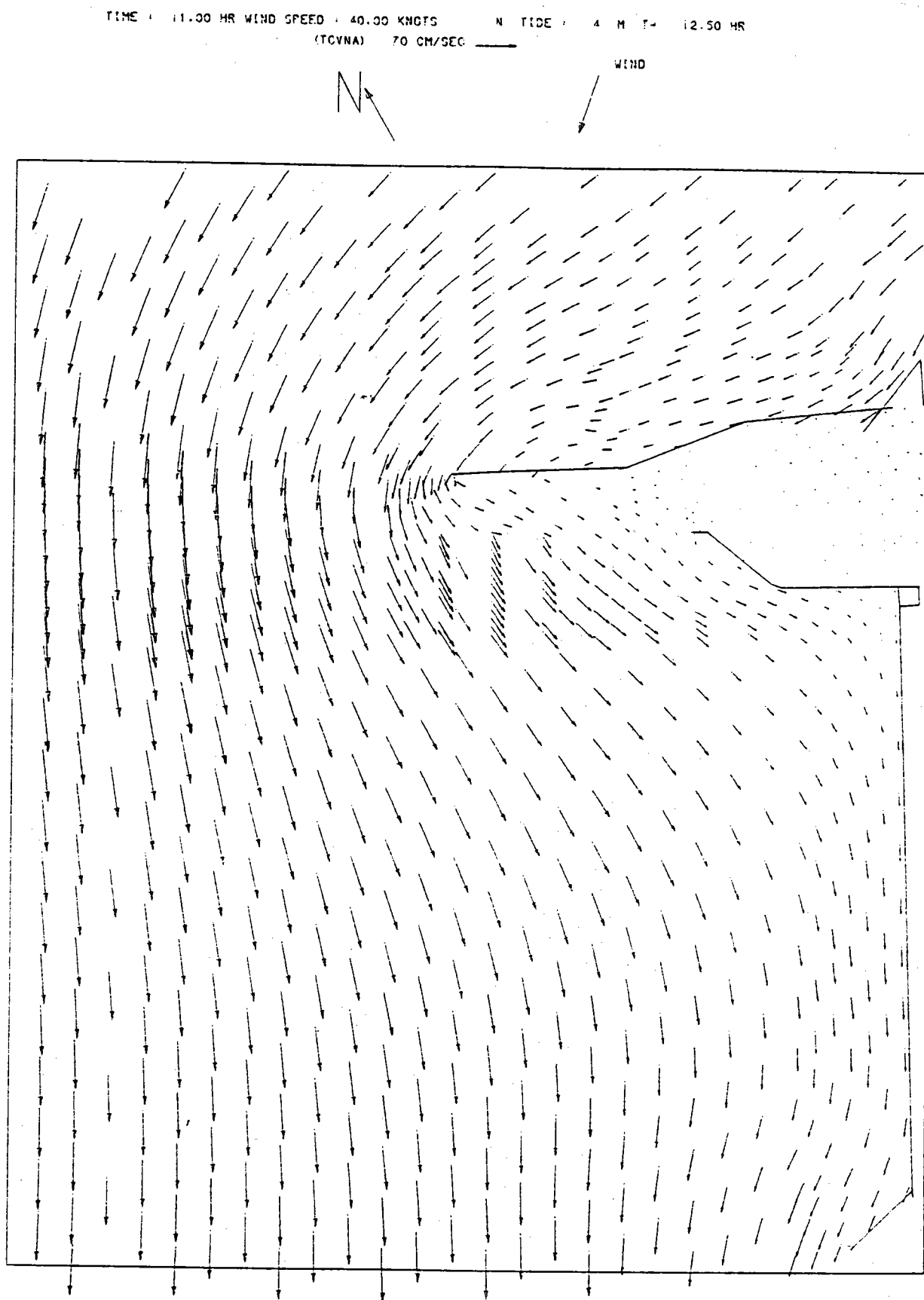


圖 3-14(f) 台中港小區域 (S 區域) B-2 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 11小時後)

TIME : 13.00 HR WIND SPEED : 40.00 KNOTS N TIDE : 4 M T- 12.50 HR
(TCVNA) 40 CM/SEC →

WIND

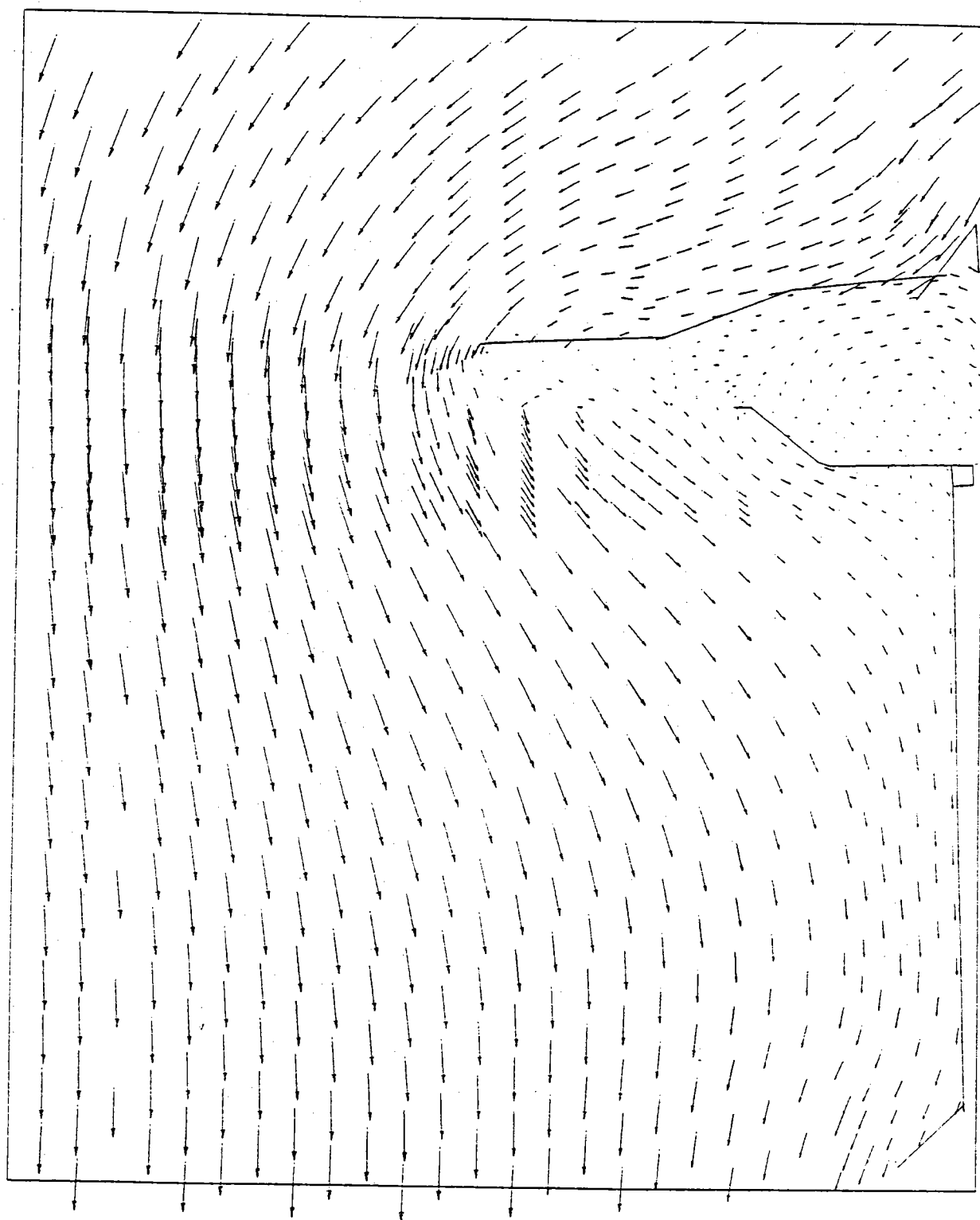


圖 3-14(g) 台中港小區域 (S 區域) B-2 式佈置流速分佈圖
(東北風, 平均風速 40 節, 平均潮差 4公尺)
(計算時間: 13小時後)