

港池水面波動問題之數值解析

周宗仁*
施士力**

一、前言

本文係應用 3 次元 Green 公式解析任意水深及形狀之港池水面波動問題，本法之特點除不受地形限制外，即使防波堤或岸壁為消波式時亦能解析。同時，為了免受電子計算機容量之限制，提高計算精度，減少對短波計算之誤差及縮短計算時間，可將流體領域分割成等水深外海領域及不等水深解析範圍內之任意個領域，將各領域邊界面上流體速度勢及其法線方向導函數，利用 3 次元 Green 公式以一次關係式表示。再利用各領域相接邊界面上流體運動之質量及能量流束必須連續之條件，求出各相接邊界面上速度勢之法線方向導函數間之相互關係。故可首先求出與等水深外海領域相接邊界面上之法線方向流速，再逐次求出各相接邊界面上之法線方向流速，再利用速度勢與其法線方向導函數間之一次關係式，可逐次求各領域之波高分佈情形。

本文將首先說明解析波浪邊界值問題之方法，其次以蘇澳港港池及基隆港八尺門第二港口水域為計算例，但假定防波堤及岸壁為不透水式時，計算港池水域之波高分佈。

二、理論解析

2.1 基本假定及邊界條件

如圖 1 所示，在靜水面上取座標原點 O，水平面內取 X, Y 軸，Z 軸為垂直向上。現將流體領域分成等水深之外海領域及任意個 (N + 1) 個不等水深領域。 $n = 0$ 之流體領域係由前假想邊界面、靜水面、海底及岸壁所包圍之封閉領域。 $n = 1 \sim N$ 之領域係指各以前假想邊界面、靜水面、後假想邊界面、海底及岸壁所包圍之封閉領域。當一定週頻率 σ ($\sigma = \frac{2\pi}{T}$ ；T 為波之週期) 之正弦波入射時，若假定各流體領域之流體運動均為非壓縮性非粘性理想流體之微小振幅波運動，則各領域之流體

運動均具有速度勢 $\Phi(x, y, z; t) = \frac{g\zeta_0}{\sigma} \phi(x, y, z) \exp(-i\sigma t)$ ，(ζ_0 為入射波之振幅)，

同時 $\phi(x, y, z)$ 為滿足 Laplace 方程式之函數。

* 工學博士，國立台灣海洋學院河海工程學系副教授

** 工學碩士，國立台灣海洋學院河海工程學系講師

在自由表面上，由於大氣壓力一定及運動學條件，得

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = \frac{\sigma^2}{g} \phi \quad (z=0) \quad (2.1.1)$$

在不透水海底，由於流體之法線方向流速為零，得

$$\frac{\partial \phi}{\partial \nu} = 0 \quad (\nu : \text{法線}) \quad (2.1.2)$$

又在不透水防波堤及岸壁面，亦因上述條件而得

$$\frac{\partial \phi}{\partial \nu} = 0 \quad (2.1.3)$$

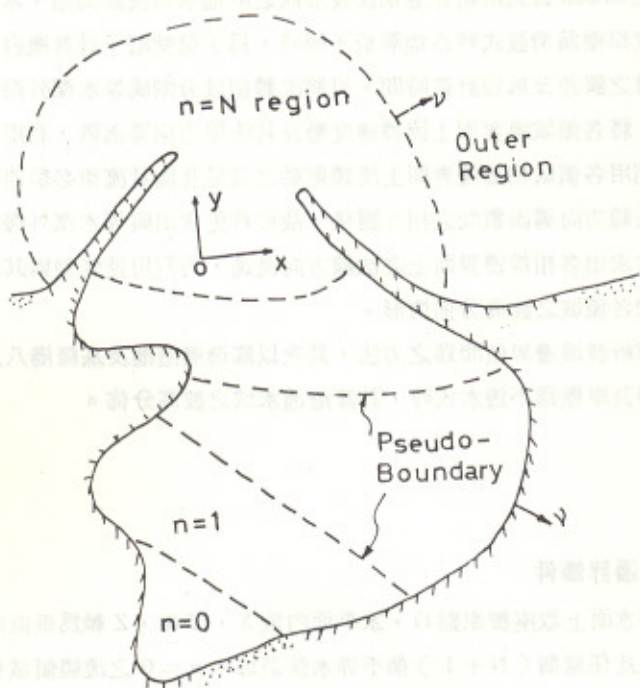


圖1 定義圖

2.2 Green 公式

由一閉曲面 A 所圍成之 3 次元空間領域內任意點之座標以 (x, y, z) 表示，閉曲面上之邊界點座標以 (ξ, η, ζ) 表示，則兩點間之距離 $r = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2}$ ，在領域內任意點 (x, y, z) 滿足 Laplace 方程式之速度勢函數 $\phi(x, y, z)$ ，若其 2 次導函數存在時，依 Green 定理， $\phi(x, y, z)$ 可由邊界面上之函數值 $\phi(\xi, \eta, \zeta)$ 及其向外法線方向之微分值 $\partial \phi(\xi, \eta, \zeta) / \partial \nu$ 以下列積分方程式表示：

$$\begin{aligned} \phi(x, y, z) = & -\frac{1}{2} \int_A \left[\phi(\xi, \eta, \zeta) \frac{\partial}{\partial(\nu/h_0)} \left(\frac{1}{2\pi} \frac{1}{r/h_0} \right) \right. \\ & \left. - \left(\frac{1}{2\pi} \frac{1}{r/h_0} \right) \frac{\partial}{\partial(\nu/h_0)} \phi(\xi, \eta, \zeta) \right] \frac{dA}{h_0^2} \end{aligned} \quad (2.2.1)$$

上式中， h_0 表示該領域之代表值。當任意點 (x, y, z) 接近邊界面A上之某一特定點 (ξ', η', ζ') 時，若考慮其極限，則由於 $1/r$ 之特異性得下列方程式：

$$\begin{aligned} \phi(\xi', \eta', \zeta') = & -\int_A \left[\phi(\xi, \eta, \zeta) \frac{\partial}{\partial(\nu/h_0)} \left(\frac{1}{2\pi} \frac{1}{R/h_0} \right) \right. \\ & \left. - \left(\frac{1}{2\pi} \frac{1}{R/h_0} \right) \frac{\partial}{\partial(\nu/h_0)} \phi(\xi, \eta, \zeta) \right] \frac{dA}{h_0^2} \end{aligned} \quad (2.2.2)$$

但 $R = \sqrt{(\xi - \xi')^2 + (\eta - \eta')^2 + (\zeta - \zeta')^2}$

(2.2.2)式表示邊界面上之 $\phi(\xi, \eta, \zeta)$ 及 $\partial\phi(\xi, \eta, \zeta)/\partial\nu$ 間之一次關係式，利用此式來解析任意水深域之3次元波浪邊界面問題，首先將此式以下列矩陣形式表示⁽¹⁾

$$\{\phi\} = \{G\} \{\bar{\phi}\} \quad (2.2.3)$$

進一步利用邊界面之力學條件即可求(2.2.3)式之解。

2.3 等水深外海領域速度勢 $\phi_{out}(x, y, z)$ 之表示

設外海領域水深一定 h ，若外海領域與第 N 個領域之相接邊界面距離港口及海岸相當遠時，可視外海領域之流體運動不受港口及防波堤存在所引起散亂波之影響，故其速度勢 $\phi_{out}(x, y, z)$ 可以下式表示：

$$\phi_{out}(x, y, z) = [f_0(x, y) + f_1(x, y)] \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \quad (2.3.1)$$

其中 k 為下列方程式之根

$$kh \tanh kh = \frac{\sigma^2 h}{g} \quad (2.3.2)$$

$f_0(x, y)$ 及 $f_1(x, y)$ 分別表示入射波及反射波之速度勢。若入射波之水面波形 $\zeta_1(x, y; t)$ 以下式表示：

$$\zeta_1(x, y; t) = \zeta_0 \cos [k(x \cos \omega + y \sin \omega) + \sigma t] \quad (2.3.3)$$

則

$$f_0(x, y) = -i \exp [-i k(x \cos \omega + y \sin \omega)] \quad (2.3.4)$$

根據文獻⁽²⁾在解析一定水深領域之波浪邊界面問題時所採用之方法，外海領域之邊界面上之 $f_1(\xi, \eta)$ 可以下式表示：

$$f_1(\xi', \eta') = \int \left[f_1(\xi, \eta) \frac{\partial}{\partial(\nu/h_0)} \left(-\frac{i}{2} H_0^{(1)}(kR_{1j}) \right) - \left(-\frac{i}{2} H_0^{(1)}(kR_{1j}) \right) \frac{\partial}{\partial(\nu/h_0)} f_1(\xi, \eta) \right] \frac{ds}{h_0} \quad (2.3.5)$$

將上式化爲矩陣形式⁽²⁾以下式表示：

$$\{F_1\} = \{H\} \{\bar{F}_1\} \quad (2.3.6)$$

2.4 n = 0 領域之速度勢 $\phi^*(x, y, z)$

將 0 區領域之邊界面分割成前假想面 A_1^* 、靜水面 A_2^* 、海底及岸壁所組成之 A_3^* 等三部份，則可將 (2.2.3) 式分割成下列形式：

$$\begin{pmatrix} \phi_1^* \\ \phi_2^* \\ \phi_3^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{11}^* & G_{12}^* & G_{13}^* \\ G_{21}^* & G_{22}^* & G_{23}^* \\ G_{31}^* & G_{32}^* & G_{33}^* \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \bar{\phi}_1^* \\ \bar{\phi}_2^* \\ \bar{\phi}_3^* \end{pmatrix} \quad (2.4.1)$$

由 (2.1.2) 及 (2.1.3) 式之邊界條件，(2.4.1) 式可簡化成下式：

$$\begin{pmatrix} \phi_1^* \\ \phi_2^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{11}^* & G_{12}^* \\ G_{21}^* & G_{22}^* \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \bar{\phi}_1^* \\ \bar{\phi}_2^* \end{pmatrix} \quad (2.4.2)$$

又由 (2.1.1) 式之邊界條件，(2.4.2) 式可化爲下式：

$$\{\phi_1^*\} = \{G_{11}^*\} \{\bar{\phi}_1^*\} + \Gamma \{G_{12}^*\} \{\phi_2^*\} \quad (2.4.3)$$

$$\{\phi_2^*\} = \{G_{21}^*\} \{\bar{\phi}_1^*\} + \Gamma \{G_{22}^*\} \{\phi_2^*\} \quad \left(\Gamma = \frac{\sigma^2 h}{g} \right) \quad (2.4.4)$$

故由 (2.4.4) 式得

$$\{\phi_2^*\} = -\{T^*\} \{\bar{\phi}_1^*\} \quad (2.4.5)$$

式中

$$\{T^*\} = \{\Gamma \{G_{22}^*\} - I\}^{-1} \{G_{21}^*\} \quad (2.4.6)$$

將 (2.4.5) 式代入 (2.4.3) 式得

$$\{\phi_1^*\} = \{S^*\} \{\bar{\phi}_1^*\} \quad (2.4.7)$$

式中

$$\{S^*\} = \{G_{11}^*\} - \Gamma \{G_{12}^*\} \{T^*\} \quad (2.4.8)$$

2.5 第 n 領域 (n = 1, 2, …, N)

將各 n 區領域之邊界面分割成前假想邊界面 $A_1^{(n)}$ 、靜水面 $A_2^{(n)}$ 、後假想邊界面 $A_3^{(n)}$ 、不透水海底及岸壁所組成邊界面 $A_4^{(n)}$ 等四部份，則 (2.2.3) 式可分割成下列形式：

$$\begin{pmatrix} \phi_1^{(n)} \\ \phi_2^{(n)} \\ \phi_3^{(n)} \\ \phi_4^{(n)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{11}^{(n)} & G_{12}^{(n)} & G_{13}^{(n)} & G_{14}^{(n)} \\ G_{21}^{(n)} & G_{22}^{(n)} & G_{23}^{(n)} & G_{24}^{(n)} \\ G_{31}^{(n)} & G_{32}^{(n)} & G_{33}^{(n)} & G_{34}^{(n)} \\ G_{41}^{(n)} & G_{42}^{(n)} & G_{43}^{(n)} & G_{44}^{(n)} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \bar{\phi}_1^{(n)} \\ \bar{\phi}_2^{(n)} \\ \bar{\phi}_3^{(n)} \\ \bar{\phi}_4^{(n)} \end{pmatrix} \quad (2.5.1)$$

($n = 1, 2, \dots, N$)

由(2.1.2)及(2.1.3)式之邊界條件, (2.5.1)式可化為

$$\begin{bmatrix} \phi_1^{(n)} \\ \phi_2^{(n)} \\ \phi_3^{(n)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}^{(n)} & G_{12}^{(n)} & G_{13}^{(n)} \\ G_{21}^{(n)} & G_{22}^{(n)} & G_{23}^{(n)} \\ G_{31}^{(n)} & G_{32}^{(n)} & G_{33}^{(n)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{\phi}_1^{(n)} \\ \bar{\phi}_2^{(n)} \\ \bar{\phi}_3^{(n)} \end{bmatrix} \quad (2.5.2)$$

又由(2.1.1)式之條件, 上式可寫成:

$$\{\phi_1^{(n)}\} = \{G_{11}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_1^{(n)}\} + \Gamma \{G_{12}^{(n)}\}\{\phi_2^{(n)}\} + \{G_{13}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_3^{(n)}\} \quad (2.5.3)$$

$$\{\phi_2^{(n)}\} = \{G_{21}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_1^{(n)}\} + \Gamma \{G_{22}^{(n)}\}\{\phi_2^{(n)}\} + \{G_{23}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_3^{(n)}\} \quad (2.5.4)$$

$$\{\phi_3^{(n)}\} = \{G_{31}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_1^{(n)}\} + \Gamma \{G_{32}^{(n)}\}\{\phi_2^{(n)}\} + \{G_{33}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_3^{(n)}\} \quad (2.5.5)$$

整理(2.5.4)式可得

$$\{\phi_2^{(n)}\} = \{T_1^{(n)}\}\{\bar{\phi}_1^{(n)}\} + \{T_3^{(n)}\}\{\bar{\phi}_3^{(n)}\} \quad (2.5.6)$$

式中

$$\{T_1^{(n)}\} = \{\Gamma \{G_{22}^{(n)}\} - I\}^{-1} \{G_{21}^{(n)}\} \quad (2.5.7)$$

$$\{T_3^{(n)}\} = \{\Gamma \{G_{22}^{(n)}\} - I\}^{-1} \{G_{23}^{(n)}\} \quad (2.5.8)$$

將(2.5.6)式分別代入(2.5.3)式及(2.5.5)式

$$\{\phi_1^{(n)}\} = \{S_{11}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_1^{(n)}\} + \{S_{13}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_3^{(n)}\} \quad (2.5.9)$$

$$\{\phi_3^{(n)}\} = \{S_{31}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_1^{(n)}\} + \{S_{33}^{(n)}\}\{\bar{\phi}_3^{(n)}\} \quad (2.5.10)$$

式中

$$\left. \begin{aligned} \{S_{11}^{(n)}\} &= \{G_{11}^{(n)}\} + \Gamma \{G_{12}^{(n)}\}\{T_1^{(n)}\} \\ \{S_{13}^{(n)}\} &= \{G_{13}^{(n)}\} + \Gamma \{G_{12}^{(n)}\}\{T_3^{(n)}\} \\ \{S_{31}^{(n)}\} &= \{G_{31}^{(n)}\} + \Gamma \{G_{32}^{(n)}\}\{T_1^{(n)}\} \\ \{S_{33}^{(n)}\} &= \{G_{33}^{(n)}\} + \Gamma \{G_{32}^{(n)}\}\{T_3^{(n)}\} \end{aligned} \right\} \quad (2.5.11)$$

2.6 各相接邊界面上之力學條件

在各相鄰兩領域之相接邊界面上, 兩領域之流體運動所引起之質量及能量流束必須連續, 故可由此關係, 分別得到下列之條件:

(1) 在第0及第1區相接邊界面上

$$\left. \begin{aligned} \phi_3^{(1)} &= \phi_1^* \\ \bar{\phi}_3^{(1)} &= -\bar{\phi}_1^* \end{aligned} \right\} \quad (2.6.1)$$

將(2.4.7)及(2.5.10)式分別代入上式可得

$$\{\bar{\phi}_1^*\} = \{P^*\} \{\bar{\phi}_1^{(1)}\} \quad (2.6.2)$$

式中

$$\{P^*\} = [\{S_{33}^{(1)}\} + \{S^*\}]^{-1} \{S_{31}^{(1)}\} \quad (2.6.3)$$

(2) 在第1及第2區領域之相接邊界面上

$$\left. \begin{aligned} \phi_1^{(1)} &= \phi_3^{(2)} \\ \bar{\phi}_1^{(1)} &= -\bar{\phi}_3^{(2)} \end{aligned} \right\} \quad (2.6.4)$$

將(2.5.9)及(2.5.10)式分別代入上式可得

$$\{\bar{\phi}_1^{(1)}\} = \{P^{(1)}\} \{\bar{\phi}_1^{(2)}\} \quad (2.6.5)$$

$$\{P^{(1)}\} = [\{S_{33}^{(2)}\} + \{S_{11}^{(1)}\} - \{S_{13}^{(1)}\} \{P^*\}]^{-1} \{S_{31}^{(2)}\} \quad (2.6.6)$$

(3) 在第 $n-1$ 及第 n 領域之相接邊界面上

$$\{\bar{\phi}_1^{(n-1)}\} = \{P^{(n-1)}\} \{\bar{\phi}_1^{(n)}\} \quad (2.6.7)$$

式中

$$\{P^{(n-1)}\} = [\{S_{33}^{(n)}\} + \{S_{11}^{(n-1)}\} - \{S_{13}^{(n-1)}\} \{P^{(n-2)}\}]^{-1} \{S_{31}^{(n)}\} \quad (2.6.8)$$

(4) 在第 N 領域及外海領域之相接邊界面上

$$\left. \begin{aligned} \phi_1^{(N)} &= [f_0(\xi, \eta) + f_1(\xi, \eta)] \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \\ \bar{\phi}_1^{(N)} &= -[\bar{f}_0(\xi, \eta) + \bar{f}_1(\xi, \eta)] \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \end{aligned} \right\} \quad (2.6.9)$$

將(2.5.9)式代入上式得

$$\begin{aligned} \{\bar{F}_1\} &= [\{H\} + \{S_{11}^{(N)}\} - \{S_{13}^{(N)}\} \{P^{(N-1)}\}]^{-1} [\{S_{13}^{(N)}\} \{P^{(N-1)}\} \\ &\quad - \{S_{11}^{(N)}\} \{\bar{F}_0\} - \{F_0\}] \end{aligned} \quad (2.6.10)$$

故由上式可求出第 N 領域與外海領域相接邊界面上之 $\partial f(\xi, \eta) / \partial \nu$ 值，再由(2.6.9)式求出第 N 領域前假想邊界面上之法線方向流速值，又由(2.6.7)，(2.6.5)及(2.6.2)式逐次求出各領域前假想邊界面上之速度勢之法線方向導函數值。故由(2.5.6)式可分別求出各領域之靜水面上之速度勢 $\phi_2^{(n)}$ 值，又從(2.4.5)式可求出第0區領域靜水面上之速度勢 ϕ_2^* 值。

各領域之靜水面上之速度勢決定後，則各領域靜水面上任意一點之波高與入射波高(深海波高)之比值 K 以下式求之：

$$\left. \begin{aligned} K^{(n)} &= |\phi_2^{(n)}| \quad (n = 1, 2, \dots, N) \\ K^* &= |\phi_2^*| \end{aligned} \right\} \quad (2.6.11)$$

三、數值計算及計算例

本文分別以蘇澳港港池及基隆港八尺門第二港口水域為計算例說明數值計算方法及其結果，分述如下：

(1) 蘇澳港港池計算例

蘇澳港之水深及地形圖如圖 2 所示，本文將現況港區佈置分為 $N = 8$ ，即九個不等水深領域，同時將水深達 -30 公尺以外之海域視為等水深外海領域，其分割圖如圖 3 所示，各領域之分割數如表 1 所示。

表 1 各領域之分割數

n	前假想邊界面	靜水面	後假想邊界面	海底	岸壁	合計
0	11	13	0	13	15	52
1	9	21	11	21	13	75
2	5	17	9	17	21	69
3	8	19	5	19	39	86
4	11	21	8	21	15	76
5	22	27	11	22	30	117
6	28	20	22	20	5	95
7	32	24	28	24	4	112
8	38	25	32	25	4	124

在決定海底邊界面之格點時，為使各微小面積滿足在同一平面之條件以減少誤差，故儘可能沿等水深線定點。

圖 4 為東向 13 秒週期之波浪入射時，現況之港內外等波高分佈圖。圖 5 為蘇澳港預定之擴建工程完成後港內外之等波高分佈圖。由圖 4 可知目前之港區佈置下，外港之水面不太平穩，港口附近波浪很大，最大波高比值 2.2，碎波巔端亦達 1.1。當擴建工程完成後，即北防波堤構築後，外港之水面平穩現象將大為改善，僅港口附近之波浪略大，最大值達 1.3。

(2) 基隆港八尺門第二港口水域計算例⁽³⁾

本計算例所採用之地形及水深圖如圖 6 所示，防波堤佈置為北防波堤完成至 $2^k + 500$ 處，東防波堤完成，港口寬 400 公尺，本分析中碼頭岸壁假設為全反射之直立岸壁。

本文將八尺門第二港口水域分割為 $N = 7$ ，亦即八個不等水深領域，將水深超過 -50 公尺之海

域視為等水深外海領域，其分割圖如圖 7 所示，各領域之分割數如表 2 所示。

表 2 各領域之分割數

n	前假想邊界面	靜水面	後假想邊界面	海 底	岸 壁	合 計
0	20	61	0	61	35	177
1	12	50	20	50	5	137
2	11	61	12	61	12	157
3	12	46	11	46	7	122
4	12	28	12	28	4	84
5	12	49	12	49	9	131
6	4	50	12	50	10	126
7	19	47	4	47	11	128

本文對水域承受東向、東 10° 偏北向，入射波時，就選定之週期 13.8 秒之波浪研究其對港池水域之影響，其結果如圖 8 ~ 9 所示。

由圖得知

- 1 當波浪由東及東 10° 偏北向入射時，在港口外側附近波高比值達 1.0。
- 2 面向港口側之碼頭區附近，波高比值在各方向入射波下均有增大趨勢，最大比值達 1.5，此乃受碼頭岸壁反射之影響。
- 3 在東防波堤外，因受八斗子漁港防波堤反射之影響，波高比值增大，最大比值可達 1.0 左右。
- 4 各波浪條件下，迴船池及碼頭區之波高比值均小於 0.1，水面平穩。

四、結論

應用本文所述方法可解析任意形狀及複雜海底地形變化海域之波浪變形問題，本法在解析時亦考慮及繞射及折射現象，同時考慮水面及海底面間之相互作用，並能將海底之反射影響計算在內。本文在理論解析及計算例上，假定岸壁及防波堤均為不透水面，若防波堤或碼頭岸壁為消波式時，只要改變邊界條件值，依本法亦可同樣解析。

本方法在計算上，由於係逐次分析各領域，故在電子計算機容量上不受限制，而且計算時間短，若利用 IBM 370 — 138 機器，上述二計算例每一波浪條件，只需 50 分鐘左右，故本法可適用於實際之港池解析。

五、參考文獻

- 1 周宗仁(1980): 應用“有限領域法”解析港池水面波動問題, 河海研究第3號。
- 2 周宗仁(1979): 3次元有限振幅波邊界值問題之解析, 河海研究第1號, 國立台灣海洋學院河海工程學系。
- 3 周宗仁、葉榮椿(1980): 基隆港八尺門第二港口波浪分析研究, 河海研究第4號, 國立台灣海洋學院河海工程學系。

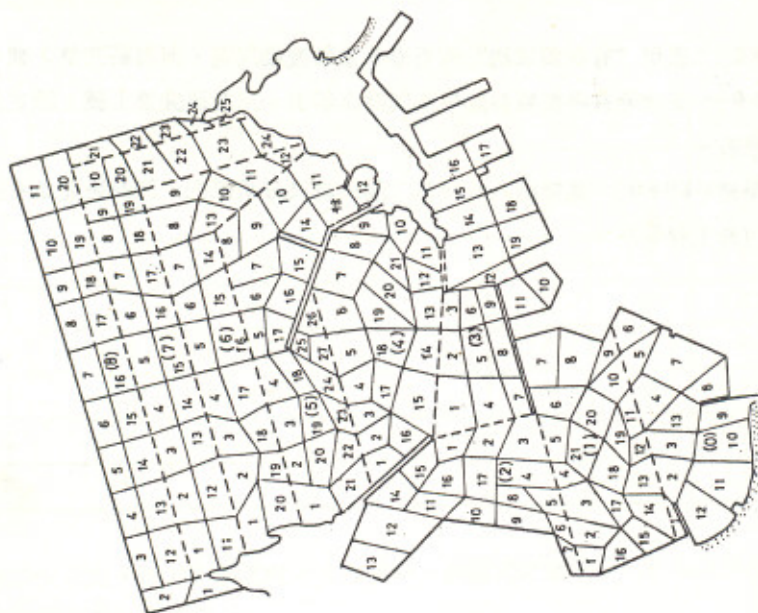


圖3 計算格點圖

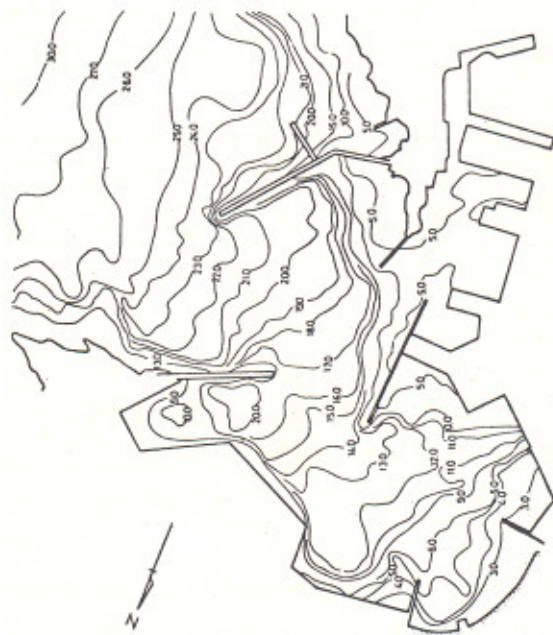


圖2 蘇澳港水深地形圖

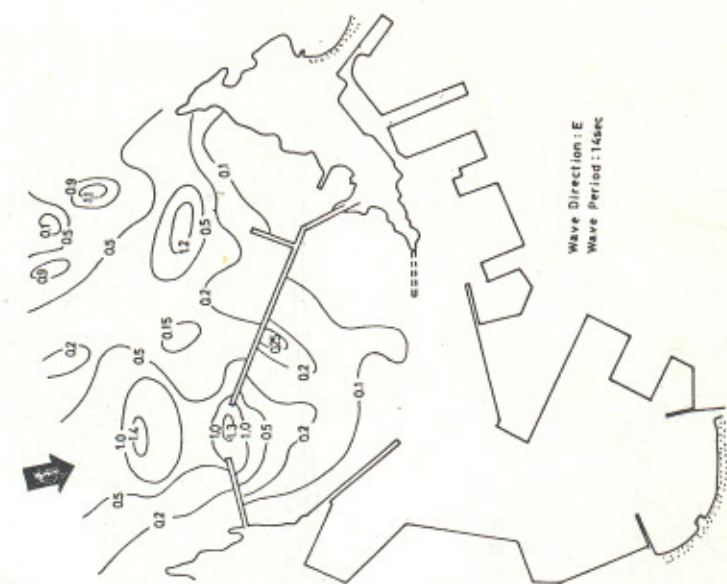


圖 4 蘇澳港現況之等波高分佈圖

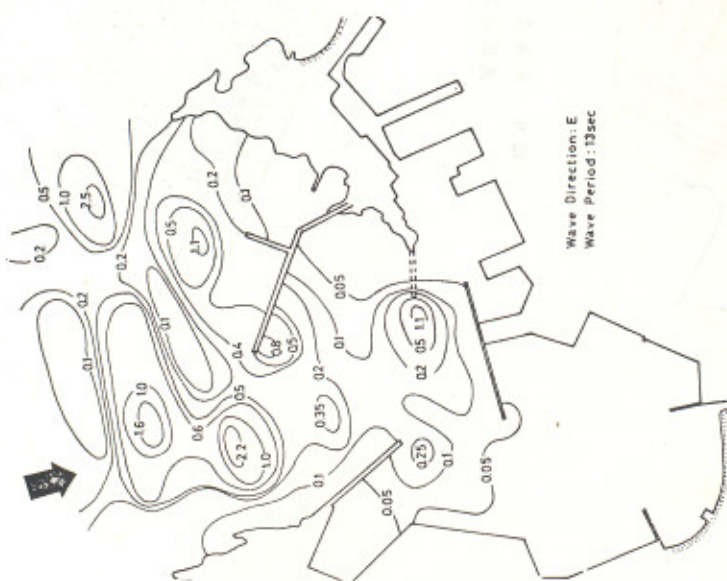


圖 5 蘇澳港擴建完成後，港區之等波高分佈圖



圖 6 基隆港八尺門第二港口
及碼頭區地形及水深圖

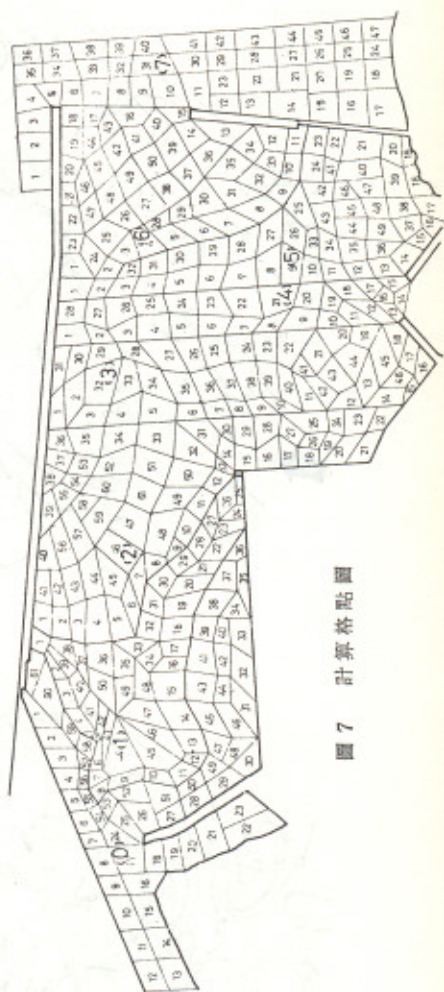


圖 7 計算格點圖

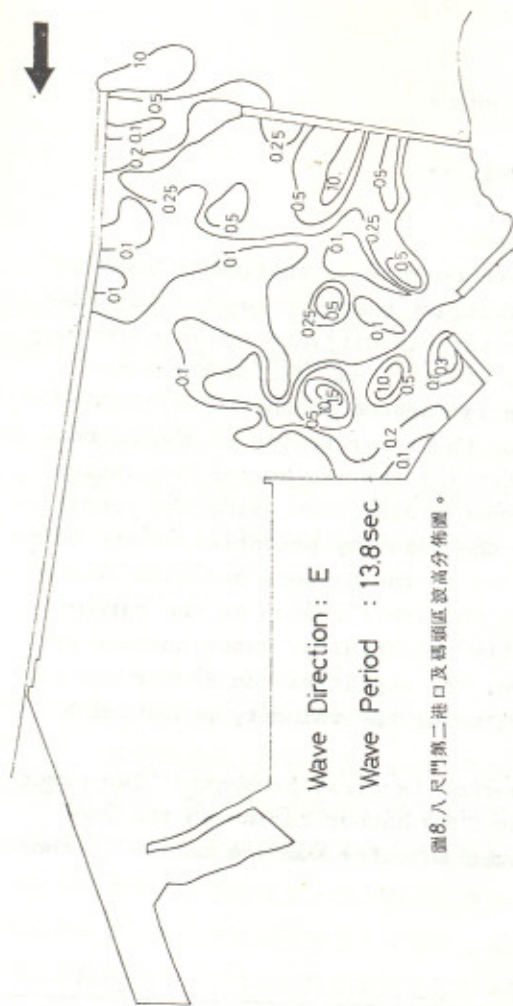


圖8. 八尺門第二港口及碼頭區波高分布圖。

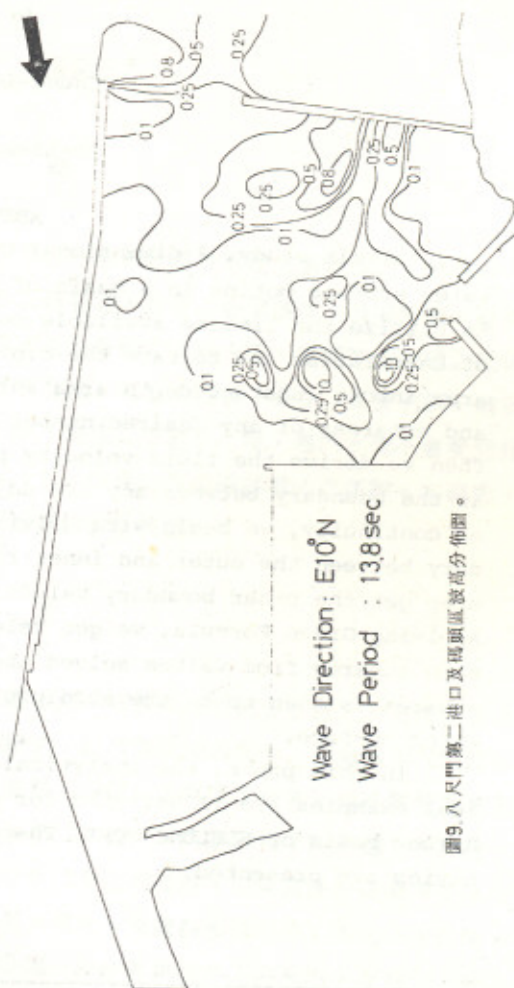


圖9. 八尺門第二港口及碼頭區波高分布圖。

A Numerical Analysis for Wave Oscillation in A Harbor Basin

by

Chung-Ren CHOU*

Su-Liek SHISH**

ABSTRACT

In this study, 3-dimensional Green Formula is applied to analyze water surface motion in a basin of arbitrary shape and depth. In order to utilize the limited available computer capacity, to promote accuracy of calculation and to save the c.p.u. time, we may divide the water area into a constant depth area which is located in the outer region and subareas of any desired number for the inner region of the harbor. Then we derive the fluid velocity potential and its normal derivative at the boundary between any two adjacent areas. From using the condition of continuity, we begin with solving the velocity potential at the boundary between the outer and inner region of the harbor, and then step by step get the other boundary values in the inner region of the harbor. Applying Green Formula, we get velocity potential at water surface for each subarea from values solved above. The amplification factor for each subarea is then to be the absolute value of the velocity potential at water surface.

In this paper, the analytical method is first presented. Two numerical examples are illustrated for the SUAO Harbor basin and the 2nd harbor basin of KEELUNG PORT. The computed water surface motion in those basins are presented.

*Dr. Eng. Associate Professor of H.R.Dept. of C.M.S.T.

**M. Eng. Lecturer of H.R.Dept. of C.M.S.T.