

任意形状の港湾における波の振動問題

第2報 不等水深の場合 (理論)

井 島 武 士*・周 宗 仁**

Wave-Induced Oscillations in Harbors with Various Boundary Conditions

2nd Report: Analysis in Case of Different Water Depths (Theory)

Takeshi IJIMA and C. R. CHOU

1. は し が き

第1報に、港内外の水深がすべて一定の場合についての理論解析の方法を述べた。本報告は各領域の水深が異なつた場合に対する方法を述べ、簡単のため、港内域Ⅲだけの水深を浅くした場合について解析を行ない、計算例を示すものである。

なお、本文に述べる解析法は原理的に前論文¹⁾と同様であるから、詳細はそれを参照されたい。また、前報と重複しないように数式あるいは図表にⅠ、Ⅱ…をつけ、それぞれ第1報、第2報…に記述されている事を示すことにした。

2. 理 論 解 析

Fig. (I-1) に示すように、港外域Ⅰと港内域Ⅱの水深を等しく h とし、港内域Ⅲの水深が $qh(0 < q < 1)$ とする。各領域の流体運動を非圧縮性完全流体における無渦運動と仮定すると $\Phi(x, y, z)e^{-i\omega t}$ の形の速度ポテンシャルが存在し、 $\Phi(x, y, z)$ は次の Laplace の方程式を満足する。

$$\Delta\Phi = 0 \quad (\text{II-1})$$

各領域に対する $\Phi(x, y, z)$ をそれぞれ $\Phi_i(x, y, z)$ ($i = 1, 2, 3$) とし、微小振幅波運動と仮定すると自由表面と水底条件を満足する式 (II-1) の一般解として $\Phi_i(x, y, z)$ は次のように表わされる¹⁾。

$$\begin{aligned} \Phi_1(x, y, z) = & \frac{gC_0}{\sigma} \left[\{f_0(x, y) + f_1^{(0)}(x, y)\} \frac{\cosh k(z+h)}{\cos kh} \right. \\ & \left. + \sum_{n=1}^{\infty} f_1^{(n)}(x, y) \frac{\cos k_n(z+h)}{\cos k_n h} \right] \quad (\text{II-2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_2(x, y, z) = & \frac{gC_0}{\sigma} \left[f_2^{(0)}(x, y) \frac{\cos hk(z+h)}{\cos kh} \right. \\ & \left. + \sum_{n=1}^{\infty} f_2^{(n)}(x, y) \frac{\cos k_n(z+h)}{\cos k_n h} \right] \quad (\text{II-3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_3(x, y, z) = & \frac{gC_0}{\sigma} \left[f_3^{(0)}(x, y) \frac{\cosh k'(z+qh)}{\cosh k'qh} \right. \\ & \left. + \sum_{n=1}^{\infty} f_3^{(n)}(x, y) \frac{\cos k'_n(z+qh)}{\cos k'_n qh} \right] \quad (\text{II-4}) \end{aligned}$$

ここで k , k_n 及び k' , k'_n はそれぞれ次式の根である。

$$kh \tanh kh = -k_n h \tan k_n h = \sigma^2 h / g \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (\text{II-5})$$

$$kqh \tanh k'qh = -k'_n qh \tan k'_n qh = \sigma^2 qh / g \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (\text{II-6})$$

また $f_0(x, y)$ は式 (I-6) と同じである。

$f_1^{(0)}(x, y)$, $f_1^{(n)}(x, y)$, ($i = 1, 2$) 及び $f_3^{(0)}(x, y)$, $f_3^{(m)}(x, y)$ はそれぞれ式 (I-7) の形の Helmholtz の方程式を満足すべき未知関数である。

前論文¹⁾ と同じよう $f_1^{(0)}(x, y)$, $f_1^{(n)}(x, y)$, $f_2^{(0)}(x, y)$, $f_2^{(n)}(x, y)$ 及び $f_3^{(0)}(x, y)$, $f_3^{(m)}(x, y)$ は Green 関数により次のように表わされる。

昭和50年7月10日受理

* 水工土工学教室

** 水工土工学専攻博士課程

$$\begin{aligned}
 f_1^{(0)}(x, y) &= \varepsilon \int_{D_1} \left[f_1^{(0)}(\xi, \eta) \frac{\partial}{\partial \nu} \left(-\frac{1}{2} i H_0^{(1)}(kr) \right) \right. \\
 &\quad \left. - \left(-\frac{1}{2} i H_0^{(1)}(kr) \right) \bar{f}_1^{(0)}(\xi, \eta) \right] ds \\
 f_1^{(n)}(x, y) &= \varepsilon \int_{D_1} \left[f_1^{(n)}(\xi, \eta) \frac{\partial}{\partial \nu} \left(-\frac{1}{\pi} K_0(k_n r) \right) \right. \\
 &\quad \left. - \left(-\frac{1}{\pi} K_0(k_n r) \right) \bar{f}_1^{(n)}(\xi, \eta) \right] ds
 \end{aligned} \quad (i = 1, 2, 3 \dots N_2) \quad (II-11)$$

$$\begin{aligned}
 f_2^{(0)}(x, y) &= -\varepsilon \int_{D_2} \left[f_2^{(0)}(\xi, \eta) \frac{\partial}{\partial \nu} \left(-\frac{1}{2} i H_0^{(1)}(kr) \right) \right. \\
 &\quad \left. - \left(-\frac{1}{2} i H_0^{(1)}(kr) \right) \bar{f}_2^{(0)}(\xi, \eta) \right] ds \\
 f_2^{(n)}(x, y) &= -\varepsilon \int_{D_2} \left[f_2^{(n)}(\xi, \eta) \frac{\partial}{\partial \nu} \left(-\frac{1}{\pi} K_0(k_n r) \right) \right. \\
 &\quad \left. - \left(-\frac{1}{\pi} K_0(k_n r) \right) \bar{f}_2^{(n)}(\xi, \eta) \right] ds
 \end{aligned} \quad (II-7)$$

$$\begin{aligned}
 f_3^{(0)}(x, y) &= \varepsilon \int_{D_3} \left[f_3^{(0)}(\xi, \eta) \frac{\partial}{\partial \nu} \left(-\frac{1}{2} i H_0^{(1)}(k'r) \right) \right. \\
 &\quad \left. - \left(-\frac{1}{2} i H_0^{(1)}(k'r) \right) \bar{f}_3^{(0)}(\xi, \eta) \right] ds \\
 f_3^{(n)}(x, y) &= \varepsilon \int_{D_3} \left[f_3^{(n)}(\xi, \eta) \frac{\partial}{\partial \nu} \left(-\frac{1}{\pi} K_0(k'_n r) \right) \right. \\
 &\quad \left. - \left(-\frac{1}{\pi} K_0(k'_n r) \right) \bar{f}_3^{(n)}(\xi, \eta) \right] ds
 \end{aligned} \quad (II-8)$$

第1報と同じように、式(II-7)~(II-9)を差分化すると、次のようになる。

$$\begin{aligned}
 f_1^{(0)}(x_i, y_i) &= \varepsilon \sum_{j=1}^{N_1} [\bar{A}_{ij} f_1^{(0)}(\xi_j, \eta_j) \\
 &\quad - A_{ij} \bar{f}_1^{(0)}(\xi_j, \eta_j)] \\
 f_1^{(n)}(x_i, y_i) &= \varepsilon \sum_{j=1}^{N_1} [\bar{B}_{ij}^{(n)} f_1^{(n)}(\xi_j, \eta_j) \\
 &\quad - B_{ij}^{(n)} \bar{f}_1^{(n)}(\xi_j, \eta_j)] \\
 &\quad (i = 1, 2, 3 \dots N_1) \quad (II-10)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_2^{(0)}(x_i, y_i) &= -\varepsilon \sum_{j=1}^{N_2} [\bar{A}_{ij} f_2^{(0)}(\xi_j, \eta_j) \\
 &\quad - A_{ij} \bar{f}_2^{(0)}(\xi_j, \eta_j)] \\
 f_2^{(n)}(x_i, y_i) &= -\varepsilon \sum_{j=1}^{N_2} [\bar{B}_{ij}^{(n)} f_2^{(n)}(\xi_j, \eta_j) \\
 &\quad - B_{ij}^{(n)} \bar{f}_2^{(n)}(\xi_j, \eta_j)]
 \end{aligned} \quad (i = 1, 2, 3 \dots N_2) \quad (II-11)$$

ここで、 \bar{A}_{ij} , A_{ij} ...などは前論文¹⁾の式(2.27)に類似し、それを参照されたい。

式(II-10)~(II-11)で、 $\varepsilon=1$ の場合について matrix 化すると、次のようになる。

$$\{F_1^{(0)}\} = \{H_1\} \{\bar{F}_1^{(0)}\} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (II-13)$$

$$\{F_1^{(n)}\} = \{G_1^{(n)}\} \{\bar{F}_1^{(n)}\} \quad i = 1, 2 \quad (II-14)$$

$$\{F_2^{(0)}\} = \{G_2^{(0)}\} \{\bar{F}_2^{(0)}\} \quad (II-15)$$

ここで

$$\{H_1\} = \{\bar{A} - I\}^{-1} \{A\}$$

$$\{G_1^{(n)}\} = \{\bar{B}^{(n)} - I\}^{-1} \{B^{(n)}\}$$

$$\{H_2\} = \{\bar{A} + I\}^{-1} \{A\}$$

$$\{G_2^{(n)}\} = \{\bar{B}^{(n)} + I\}^{-1} \{B^{(n)}\}$$

$$\{H_3\} = \{\bar{C} - I\}^{-1} \{C\}$$

$$\{G_3^{(n)}\} = \{\bar{D}^{(n)} - I\}^{-1} \{D^{(n)}\}$$

(II-16)

各境界面 D_i ($i=1, 2, 3$) の任意点における境界条件はそれぞれ次のようである。

海岸沿いの仮想境界線 \bar{AB} 及び \bar{EF} 上では、波のエネルギーが完全に吸収されると仮定したため、

$$\begin{aligned}
 f_1^{(0)} &= 0 \\
 f_1^{(n)} &= 0
 \end{aligned} \quad (II-11)$$

仮想境界面 B_1 及び B_2 を除いて、各幾何学的境界面上では、法線方向の流速が零の条件から

$$\frac{\partial}{\partial \nu} \phi_i(\xi, \eta, z) = 0 \quad (i = 1, 2, 3) \quad (II-18)$$

B_1 上では、第1報と同じように、次の関係式を得る。

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial \nu} \phi_1(\xi, \eta, z) &= \frac{\partial}{\partial \nu} \phi_2(\xi, \eta, z) \\
 \phi_1(\xi, \eta, z) &= \phi_2(\xi, \eta, z)
 \end{aligned} \quad (II-19)$$

B_2 上では

$$\phi_2(\xi, \eta, z) = \phi_3(\xi, \eta, z) \quad (-qh \leq z \leq 0)$$

$$\frac{\partial}{\partial \nu} \phi_2(\xi, \eta, z) = \frac{\partial}{\partial \nu} \phi_3(\xi, \eta, z) \quad (-qh \leq z \leq 0)$$

$$= 0 \quad (-h \leq z \leq -qh)$$

(II-20)

式(II-2), (II-3)をそれぞれ式(II-18)に代入し, 各項に $\cosh k(z+h)$ または $\cos k_n(z+h)$ を乗じて $-h \leq z \leq 0$ において積分を行なうと, これらの直交性により次の関係式を得る.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \nu} f_1^{(0)}(\xi, \eta) &= -\frac{\partial}{\partial \nu} f_0(\xi, \eta) \\ \frac{\partial}{\partial \nu} f_1^{(n)}(\xi, \eta) &= 0 \end{aligned} \right\} \text{(II-21)}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \nu} f_2^{(0)}(\xi, \eta) &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial \nu} f_2^{(n)}(\xi, \eta) &= 0 \end{aligned} \right\} \text{(II-22)}$$

同じように, 式(II-4)を式(II-18)に代入し, 各項に $\cosh k'(z+qh)$ または $\cos k'_n(z+qh)$ を乗じて $-qh \leq z \leq 0$ において積分すると, 次の関係式を得る.

$$\frac{\partial}{\partial \nu} f_3^{(0)}(\xi, \eta) = \frac{\partial}{\partial \nu} f_3^{(n)}(\xi, \eta) = 0 \quad \text{(II-23)}$$

式(II-2), (II-3)を式(II-19)に代入し, 無限級数 $\cosh k(z+h)$, $\cos k_n(z+h)$, ($n=1, 2, 3, \dots$) が z 方向での直交性を利用すると, 次の関係式を得る.

$$\left. \begin{aligned} f_0(\xi, \eta) + f_1^{(0)}(\xi, \eta) &= f_2^{(0)}(\xi, \eta) \\ \bar{f}_0(\xi, \eta) + \bar{f}_1^{(0)}(\xi, \eta) &= \bar{f}_2^{(0)}(\xi, \eta) \end{aligned} \right\} \text{(II-24)}$$

$$\left. \begin{aligned} f_1^{(n)}(\xi, \eta) &= f_2^{(n)}(\xi, \eta) \\ \bar{f}_1^{(n)}(\xi, \eta) &= \bar{f}_2^{(n)}(\xi, \eta) \end{aligned} \right\} \text{(II-25)}$$

また式(II-3), (II-4)を式(II-20)に代入すると次の関係式を得る.

$$\left. \begin{aligned} \bar{f}_2^{(0)}(\xi, \eta) \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \\ + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{f}_2^{(n)}(\xi, \eta) \frac{\cos k_n(z+h)}{\cos k_n h} \\ = \bar{f}_3^{(0)}(\xi, \eta) \frac{\cosh k'(z+qh)}{\cosh k'qh} \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{f}_3^{(n)}(\xi, \eta) \frac{\cos k'_n(z+qh)}{\cos k'_n qh} \quad (-qh \leq z \leq 0) \\ = 0 \quad (-h \leq z \leq -qh) \end{aligned} \right\} \text{(II-26)}$$

$$\left. \begin{aligned} f_3^{(0)}(\xi, \eta) \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \\ + \sum_{n=1}^{\infty} f_3^{(n)}(\xi, \eta) \frac{\cos k_n(z+h)}{\cos k_n h} \\ = f_3^{(0)}(\xi, \eta) \frac{\cosh k'(z+qh)}{\cosh k'qh} \\ + \sum_{n=1}^{\infty} f_3^{(n)}(\xi, \eta) \frac{\cos k'_n(z+qh)}{\cos k'_n qh} \quad (-qh \leq z \leq 0) \end{aligned} \right\} \text{(II-27)}$$

式(II-26)の各項に $\cosh k(z+h)$ または $\cos k_n(z+h)$ を乗じて $-h \leq z \leq 0$ において積分をし, また式(II-27)の各項に $\cosh k'(z+qh)$ または $\cos k'_n(z+qh)$ を乗じて $-qh \leq z \leq 0$ において積分を行なうと次の関係式を得る.

$$\left. \begin{aligned} \bar{f}_2^{(0)}(\xi, \eta) &= \frac{\sinh \bar{\lambda}_0}{N_0 \sinh \lambda_0} \cdot \left[\frac{1}{(\lambda'_0/q\lambda_0)^2 - 1} \cdot \frac{\bar{f}_3^{(0)}(\xi, \eta)}{\cosh \lambda'_0} \right. \\ &\quad \left. - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(\lambda'_n/q\lambda_n)^2 + 1} \cdot \frac{\bar{f}_3^{(n)}(\xi, \eta)}{\cos \lambda'_n} \right] \\ \bar{f}_2^{(n)}(\xi, \eta) &= -\frac{\sin \bar{\lambda}_n}{N_n \sin \lambda_n} \cdot \left[\frac{1}{(\lambda'_0/q\lambda_n)^2 + 1} \cdot \frac{\bar{f}_3^{(0)}(\xi, \eta)}{\cosh \lambda'_0} \right. \\ &\quad \left. - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(\lambda'_n/q\lambda_n)^2 - 1} \cdot \frac{\bar{f}_3^{(n)}(\xi, \eta)}{\cos \lambda'_n} \right] \end{aligned} \right\} \text{(II-28)}$$

$$\left. \begin{aligned} f_3^{(0)}(\xi, \eta) &= \frac{1}{N'_0 \sinh \lambda'_0} \cdot \left[\frac{\lambda'_0/q\lambda_0}{(\lambda'_0/q\lambda_0)^2 - 1} \cdot \frac{\sinh \bar{\lambda}_0}{\cosh \lambda_0} \cdot f_3^{(0)}(\xi, \eta) \right. \\ &\quad \left. - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\lambda'_n/q\lambda_n}{(\lambda'_n/q\lambda_n)^2 + 1} \cdot \frac{\sin \bar{\lambda}_n}{\cos \lambda_n} \cdot f_3^{(n)}(\xi, \eta) \right] \\ f_3^{(n)}(\xi, \eta) &= -\frac{1}{N'_n \sin \lambda'_n} \cdot \left[\frac{\lambda'_n/q\lambda_0}{(\lambda'_n/q\lambda_0)^2 + 1} \cdot \frac{\sinh \bar{\lambda}_0}{\cosh \lambda_0} \cdot f_3^{(0)}(\xi, \eta) \right. \\ &\quad \left. - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\lambda'_n/q\lambda_n}{(\lambda'_n/q\lambda_n)^2 - 1} \cdot \frac{\sin \bar{\lambda}_n}{\cos \lambda_n} \cdot f_3^{(n)}(\xi, \eta) \right] \end{aligned} \right\} \text{(II-29)}$$

ここで, $\lambda_0, \lambda_n, N_0, N_n, \dots$ などは前論文¹⁾の式(2.23)に示した如くである.

また式(II-28), (II-29)を matrix の形で表わす

と次のようになる。

$$\{\bar{F}_2\}_{B_2} = \{S\}\{\bar{F}_3\}_{B_2} \quad (\text{II-30})$$

$$\{F_3\}_{B_2} = \{T\}\{F_2\}_{B_2} \quad (\text{II-31})$$

ここで

$$\{F_i\}_{B_2} = \begin{bmatrix} \{\bar{F}_i^{(0)}\}_{B_2} \\ \{\bar{F}_i^{(1)}\}_{B_2} \\ \vdots \\ \{\bar{F}_i^{(n)}\}_{B_2} \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$\{F_i\}_{B_2} = \begin{bmatrix} \{F_i^{(0)}\}_{B_2} \\ \{F_i^{(1)}\}_{B_2} \\ \vdots \\ \{F_i^{(n)}\}_{B_2} \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} (i=2,3) \\ (n=1,2,3,\dots) \end{matrix} \quad (\text{II-32})$$

また $\{S\}$, $\{T\}$ は係数行列である。

式 (II-21) の第二式及び式 (II-22), (II-23) により式 (II-13)~(II-15) はそれぞれ次のように書きかえる。

$$\begin{aligned} \{F_1^{(0)}\} &= \{H_1\}\{\bar{F}_1^{(0)}\}_{B_1} \\ &= \{H_1\}\{\bar{F}_1^{(0)}\}_{B_1} \end{aligned} \quad (\text{II-33})$$

$$\begin{aligned} \{F_2^{(0)}\} &= \{H_2\}\{U_2\}\{\bar{F}_2^{(0)}\}_{B_1, B_2} \\ &= \{H_2\}\{\bar{F}_2^{(0)}\}_{B_1, B_2} \end{aligned} \quad (\text{II-34})$$

$$\begin{aligned} \{F_3^{(0)}\} &= \{H_3\}\{U_3\}\{\bar{F}_3^{(0)}\}_{B_2} \\ &= \{H_3\}\{\bar{F}_3^{(0)}\}_{B_2} \end{aligned} \quad (\text{II-35})$$

$$\begin{aligned} \{F_1^{(n)}\} &= \{G_1^{(n)}\}\{U_1\}\{\bar{F}_1^{(n)}\}_{B_1} \\ &= \{K_1^{(n)}\}\{\bar{F}_1^{(n)}\}_{B_1} \end{aligned} \quad (\text{II-36})$$

$$\begin{aligned} \{F_2^{(n)}\} &= \{G_2^{(n)}\}\{U_2\}\{\bar{F}_2^{(n)}\}_{B_1, B_2} \\ &= \{K_2^{(n)}\}\{\bar{F}_2^{(n)}\}_{B_1, B_2} \end{aligned} \quad (\text{II-37})$$

$$\begin{aligned} \{F_3^{(n)}\} &= \{G_3^{(n)}\}\{U_3\}\{\bar{F}_3^{(n)}\}_{B_2} \\ &= \{K_3^{(n)}\}\{\bar{F}_3^{(n)}\}_{B_2} \end{aligned} \quad (\text{II-38})$$

ここで, U_1 , U_2 , U_3 は式 (I-24) に示した如くである。

また

$$\left. \begin{aligned} \{H_1\} &= \{H_1\} \\ \{H_i\} &= \{H_i\}\{U_i\} \quad (i=2,3) \\ \{K_1^{(n)}\} &= \{G_1^{(n)}\}\{U_1\} \quad (i=1,2) \\ \{K_3^{(n)}\} &= \{G_3^{(n)}\}\{U_3\} \end{aligned} \right\} (\text{II-39})$$

式 (II-33)~(II-38) の中の $\{H_i\}$, $\{K_i^{(n)}\}$, $(i=1,$

2,3) を次のように分割する。

$$\{H_1\} = \begin{bmatrix} h_1^{11} & h_1^{12} & h_1^{13} \\ h_1^{21} & h_1^{22} & h_1^{23} \\ h_1^{31} & h_1^{32} & h_1^{33} \end{bmatrix} \quad (\text{II-40})$$

$$\{K_1^{(n)}\} = \begin{bmatrix} k_1^{(n)} \\ k_1^{(n)} \\ k_1^{(n)} \end{bmatrix} \quad (\text{II-41})$$

$$\{K_2^{(n)}\} = \begin{bmatrix} k_2^{11} & k_2^{12} \\ k_2^{21} & k_2^{22} \\ k_2^{31} & k_2^{32} \\ k_2^{41} & k_2^{42} \end{bmatrix} \quad (\text{II-42})$$

$$\{K_3^{(n)}\} = \begin{bmatrix} k_3^{(n)} \\ k_3^{(n)} \end{bmatrix} \quad (\text{II-43})$$

また $\{H_i\}$, $(i=2,3)$ は式 (I-29), (I-30) に示した如くである。

式 (I-29), (I-30) 及び (II-40)~(II-43) を式 (II-24), (II-25) 及び式 (II-30), (II-31) に代入し, 整理して matrix の形式で表わすと次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \{P\}\{\bar{F}_2\}_{B_1} + \{Q\}\{\bar{F}_2\}_{B_2} &= \{V\} \\ \{T\}\{K_3^{(n)}\}\{\bar{F}_2\}_{B_1} + \{T\}\{K_3^{(n)}\} \\ &\quad - \{K_3^{(n)}\}\{S\}^{-1}\{\bar{F}_2\}_{B_2} = 0 \end{aligned} \right\} (\text{II-44})$$

ここで

$$\{P\} = \begin{bmatrix} P^{(0)} & & & & & \\ & P^{(1)} & & & & 0 \\ & & \ddots & & & \\ & & & \ddots & & \\ 0 & & & & P^{(n)} & \\ & & & & & \ddots \end{bmatrix} \quad (\text{II-45})$$

$$\{Q\} = \begin{bmatrix} Q^{(0)} & & & & & \\ & Q^{(1)} & & & & 0 \\ & & \ddots & & & \\ & & & \ddots & & \\ 0 & & & & Q^{(n)} & \\ & & & & & \ddots \end{bmatrix} \quad (\text{II-46})$$

$$\{V\} = \begin{bmatrix} V^{(0)} \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (\text{II-47})$$

$$\left. \begin{aligned} \{P^{(0)}\} &= \{h_1^{11}\} - \{h_1^{22}\} \\ \{P^{(n)}\} &= \{h_1^{11}\}^{(n)} - \{h_1^{22}\}^{(n)} \end{aligned} \right\} (\text{II-48})$$

$(n=1,2,3,\dots)$

$$(Q^{(m)}) = (h_2^{(2)})^{(m)} \quad (\text{II-49})$$

$$(V^{(0)}) = -(h_1^{(1)}) (\bar{F}_0)_{BC} - \{h_1^{(2)}\} \{ \bar{F}_0 \}_{B_1} \\ - (h_1^{(3)}) (\bar{F}_0)_{DE} + (F_0)_{B_1} \quad (\text{II-50})$$

$$(K_2^{(i)}) = \begin{bmatrix} (h_2^{(2)})^{(i)} & & & \\ & (h_2^{(2)})^{(1)} & & 0 \\ & & \ddots & \\ 0 & & & (h_2^{(2)})^{(m)} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} (i=1, 2) \\ (n=1, 2, 3, \dots) \end{matrix} \quad (\text{II-51})$$

$$(K_1^{(m)}) = \begin{bmatrix} (h_1^{(1)}) & & & \\ & (h_1^{(1)})^{(1)} & & 0 \\ & & \ddots & \\ 0 & & & (h_1^{(1)})^{(m)} \end{bmatrix} \quad (m=1, 2, 3, \dots) \quad (\text{II-52})$$

式(II-44)は B_1 及び B_2 上における $\bar{f}_1^{(0)}$, $\bar{f}_2^{(0)}$ に関する連立一次方程式であり, これを解いて $\bar{f}_1^{(0)}$, $\bar{f}_2^{(0)}$, ($n=1, 2, 3, \dots$) が決まり, 従つて各領域での $f_i^{(0)}$,

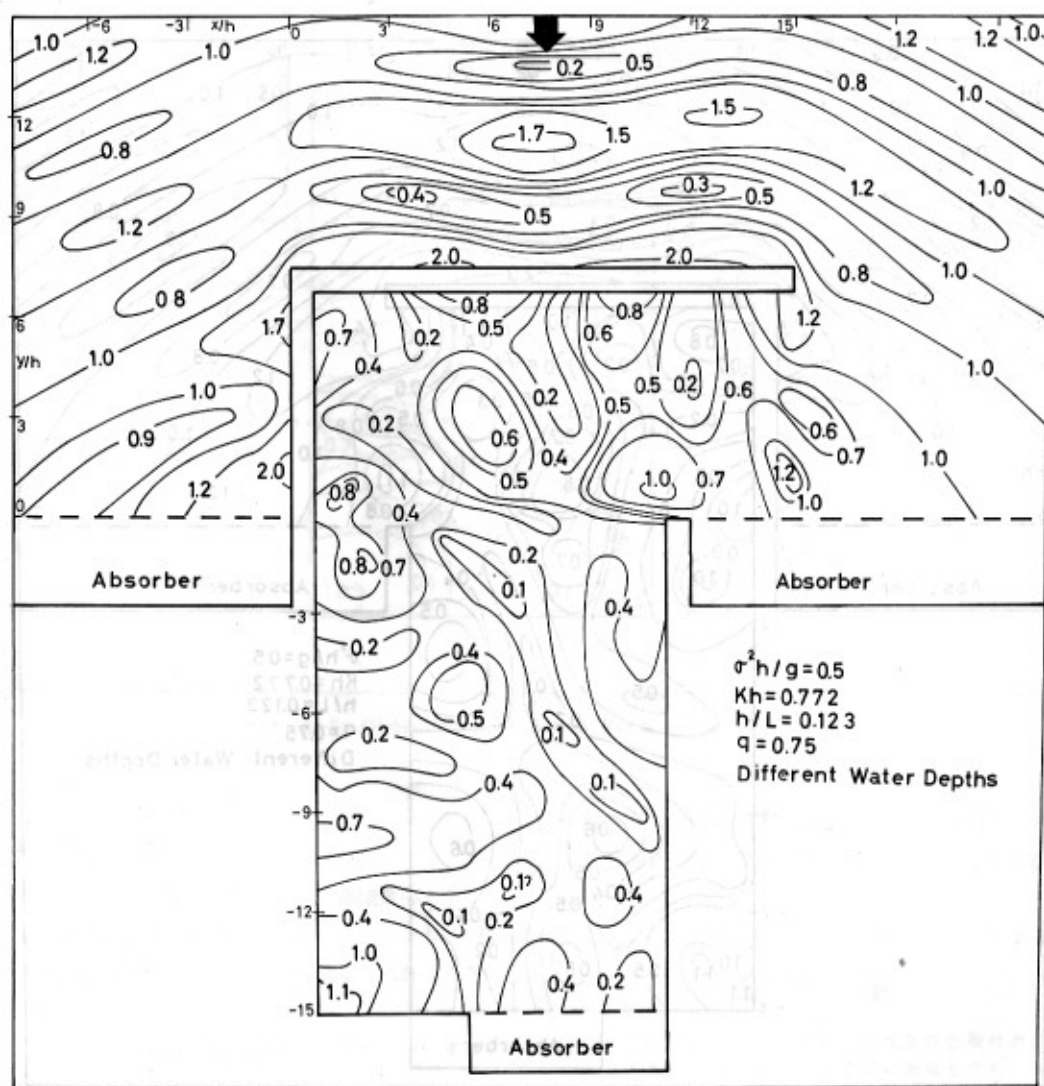


Fig. II-1 Distribution of Kd in Rectangular Harbors

$f_i^{(n)}$, ($i=1, 2, 3$) が決まり, 各領域の任意点における速度ポテンシャルが確定し, 各点での入射波の波高に対する波高比は次のようになる.

$$K_d^{(1)} = |f_0(x, y) + f_1^{(1)}(x, y) + \sum_{n=1}^{\infty} f_1^{(n)}(x, y)| \quad (\text{II-53})$$

$$K_d^{(2)} = |f_2^{(0)}(x, y) + \sum_{n=1}^{\infty} f_2^{(n)}(x, y)| \quad (\text{II-54})$$

$$K_d^{(3)} = |f_3^{(0)}(x, y) + \sum_{n=1}^{\infty} f_3^{(n)}(x, y)| \quad (\text{II-55})$$

3. 計 算 例

計算例として, 第1報に発表した矩形港において, 領域Ⅲの水深を浅く ($q=0.75$) した場合について, $\sigma^2 h/g=0.5$, $w=90^\circ$ で無限級数の項数をそれぞれ $n=1$, $m=1$ として計算した.

Fig. (II-1)~(II-4) は港内外の波高分布を示したものである.

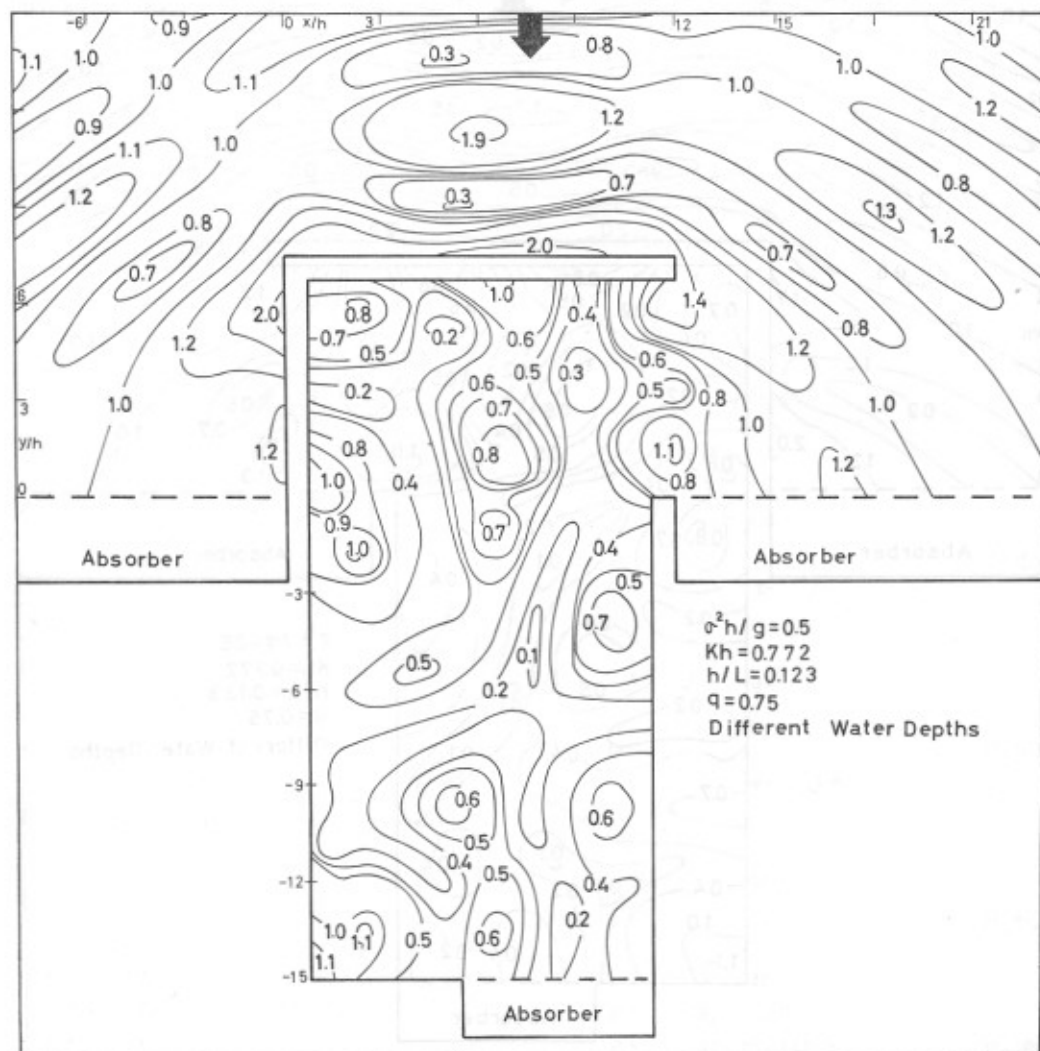
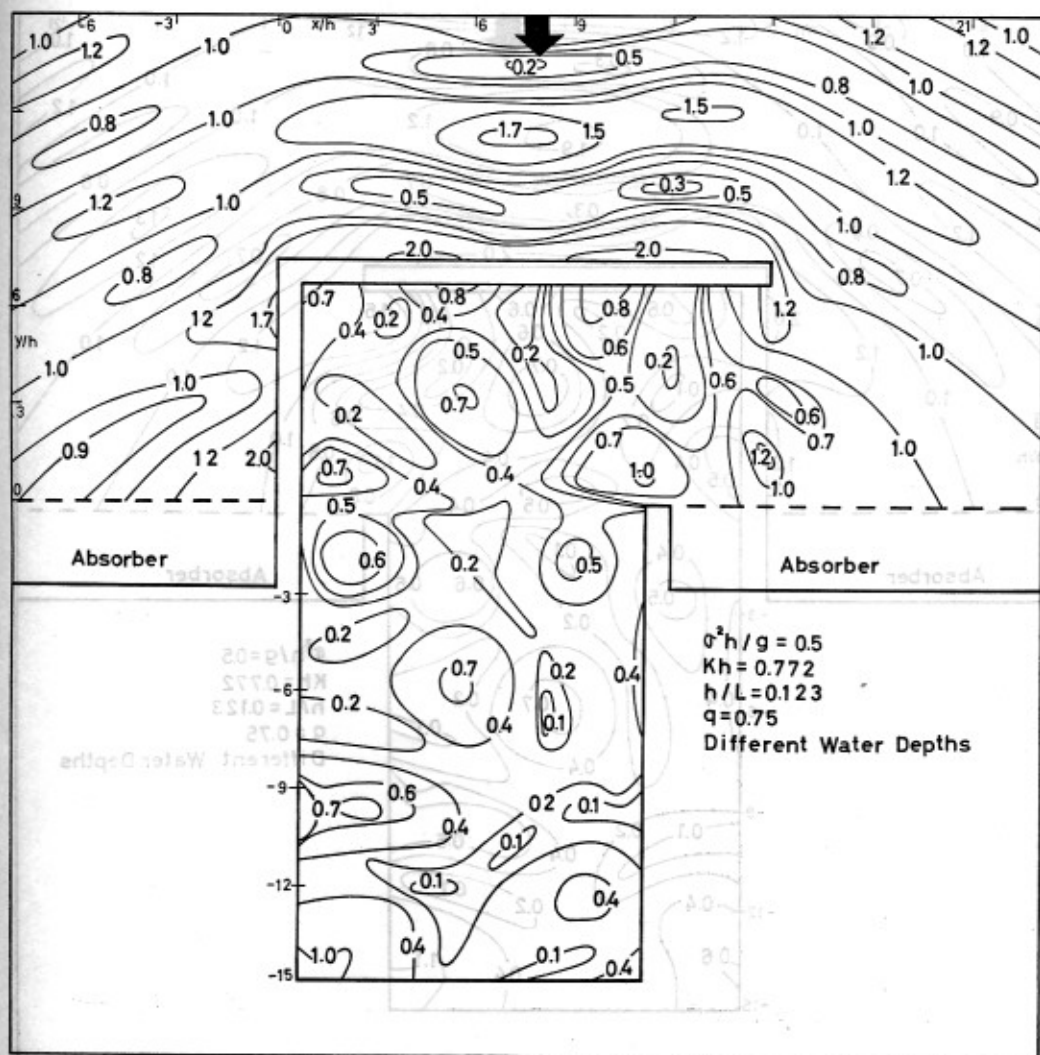


Fig. II-2 Distribution of K_d in Rectangular Harbors

Fig. II-3 Distribution of K_d in Rectangular Harbors

4. 考 察

Fig. (II-1)~(II-4) によれば、領域Ⅲの水深が浅くなると、前報告による一定水深の場合よりも、領域Ⅲでは波高は著しく高くなり、領域Ⅱではむしろ低くなる傾向になる。

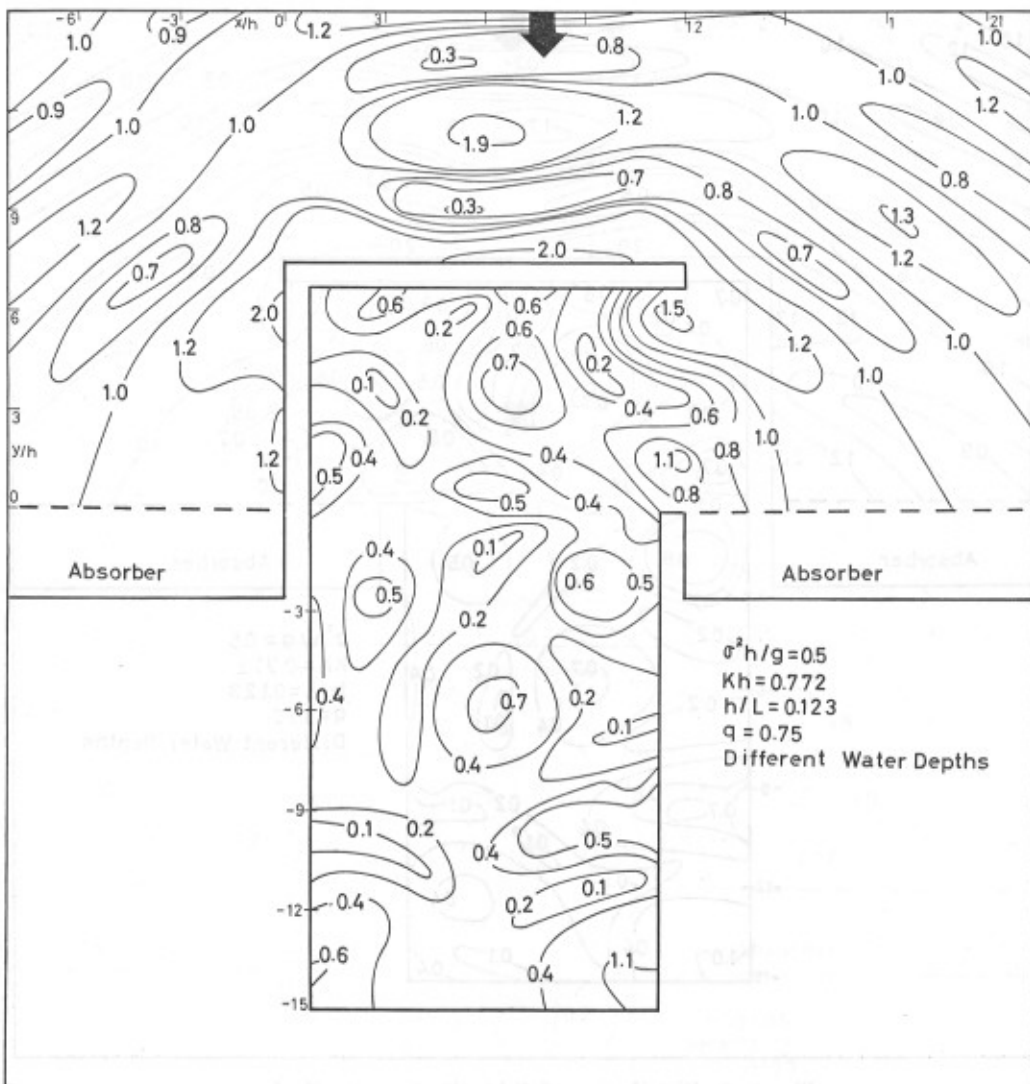
そして、この場合 Absorber の効果は一定水深の場合に比べると小さく、その前面だけに限定される傾向が見られる。

然し、防波堤を延長すると、その効果はかなり著しく、領域Ⅱ、Ⅲ共に波高は相当に低下することが分る。

以上の事項は実験により検証を行なうこととする。

参 考 文 献

- 1) 井島・湯村・周・吉田：水底及び水面付近の任意断面の固定柱状体による波の散乱と波力，土木学会論文報告集，第228号，1974年8月。

Fig. II-4 Distribution of K_d in Rectangular Harbors