

港湾構造物への到達波高の算定

—数値波動解析法の実用例—

高岡 征二郎*, 平出 友信**

1. はしがき

防波堤の設計波を決定するためには、沖波条件に対し屈折の影響を考慮して求めなければならない。そのために現在、屈折図法により屈折係数を求め、浅水度係数を求めてこれに乘じ、到達波高を求める方法が一般的に行われている。

こうした屈折係数を求めてゆく上で、実際問題としてしばしば波向線が交差する場合があります、その取扱いに困難があった。

近年こうした従来の方法で波向線が交差する領域でも使用できる数値波動解析法¹⁾が伊藤らによって提唱され、模型実験結果との対比²⁾から碎波がない場合には有効に用いられることが確かめられている。しかし実際に、広領域の現地に応用するにあたっては、大容量の計算機を必要とする問題があり、計算機の容量が大きな制約条件となっている。

本報告は、これらの問題を解消するための一手法として、計算機の容量と費用の面から、新しい計算手法を提唱し、簡単なモデルに対する検証を行い、現地への一適用例を示すものである。

2. 基礎方程式と差分方程式

文献 1) において、一定水深領域での波動を解くために、水位と表面粒子速度成分を未知数とした、表面基礎方程式が導びかれているが、水深変化領域における波動を解くために、これを変形した次の基本式を用うこと

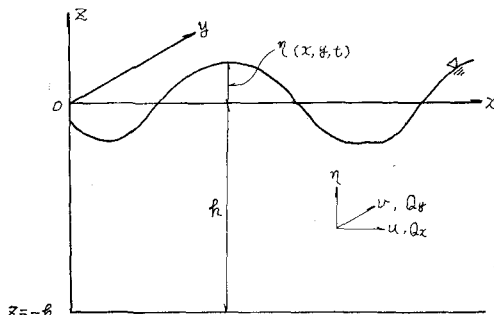


図-1 座 標 系

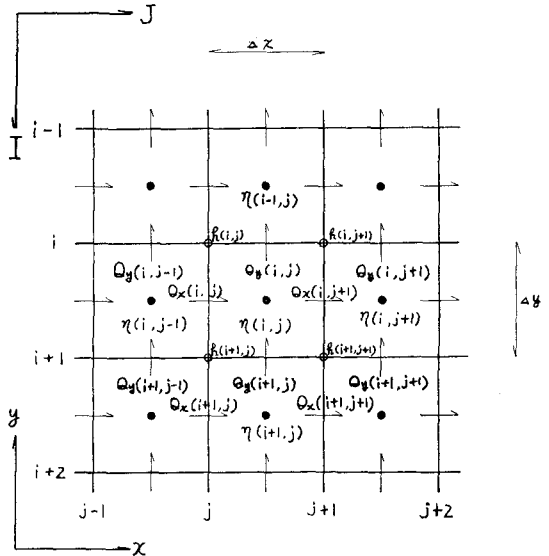


図-2 計算点の配置

とした。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial Q_x}{\partial t} &= -C^2 \frac{\partial \eta}{\partial x} \\ \frac{\partial Q_y}{\partial t} &= -C^2 \frac{\partial \eta}{\partial y} \\ \frac{\partial \eta}{\partial t} &= -\frac{\partial Q_x}{\partial x} - \frac{\partial Q_y}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= \int_{-h}^0 u dz, \quad Q_y = \int_{-h}^0 v dz \\ C^2 &= \frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \\ L &= \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

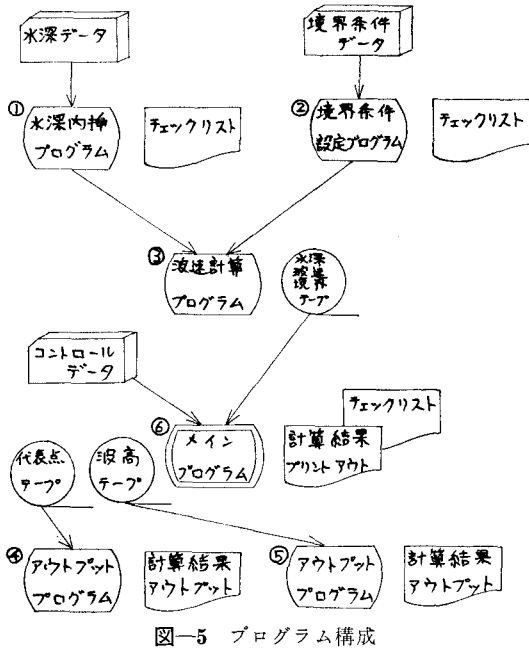
で、 C 、 L および T はそれぞれ波速 (m/sec)、波長(m)、周期 (sec) であり、座標系は 図-1 に示すとおりである。

実際の計算は、図-2 に示すような計算点の配置に対し、式 (1) を差分化した次式によって、ステップ・バイ・ステップに行う。

$$\eta^{i,j}(t+Dt) = \eta^{i,j}(t) - \frac{Dt}{\Delta x} \left\{ Q_x^{i,j+1} \left(t + \frac{Dt}{2} \right) \right\}$$

* 正会員 工修 運輸省港湾局機材課補佐官

** 正会員 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所



- ⑥ 沖側境界を出発した計算バンドが、陸側境界に1つでも到達すると、反射波が生ずるので、すべてのバンドが到達するまでは、境界一步手前の地形が無限に続くものとする。
- ⑦ 波高比の検出は、波の進行方向に向って、計算バンド後端から $1\bar{L}$ と $2\bar{L}$ の位置とし、時間的には、計算バンドを移動する前の $2T$ から $1T$ の間とする。

本計算手法の注意点は ② に示した境界値が定常となっていることである。

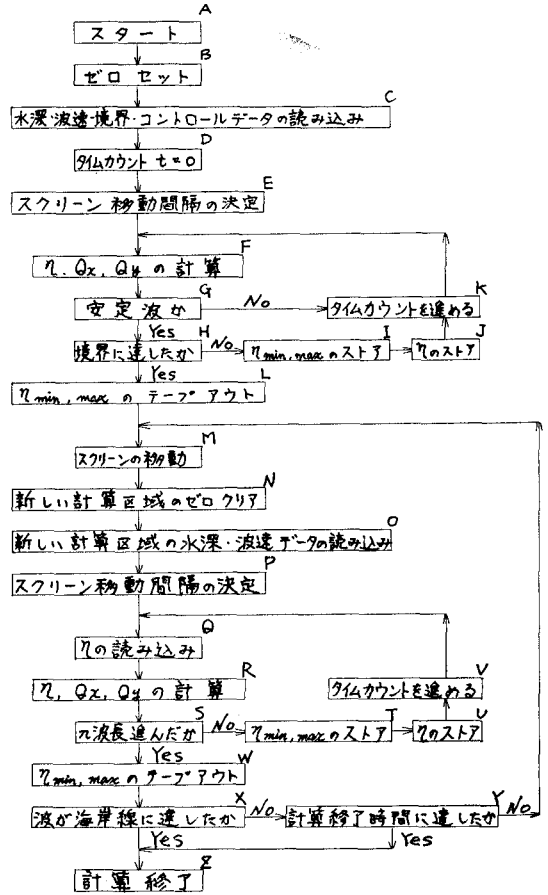
また、プログラムは取扱いやすさを考えて、図-5 に示すように、5つのサブプログラムとメインプログラムの6個で構成されている。図-6 はメインプログラムのフローチャートである。

4. 固定領域方式と移動区域方式の比較

S.A.M. を現地に適用する前に、簡単なモデルを用いて従来の F.A.M. による結果との比較を行った。

計算対象モデルは表-1 に示したように、一定勾配の水路と、一定水深領域内に存在する球面浅瀬の2モデルであり、後者はすでに伊藤らの報告²⁾で取扱われたものである。

図-7, 8 はケース1での浅水度係数未補正の結果を示



したもので、前者は水路方向の波高変化を、後者は水深-10 m ($x/\bar{L}=25.5$) 地点での通過波形の時間的変化を示したものである。両図からわかる通り、S.A.M. の結果は従来の F.A.M. とほぼ完全に一致していることが認められる。

図-9~11 にケース2に対する結果を示しているが、これらにおいても、実用的には十分一致しているとみなすことができる。

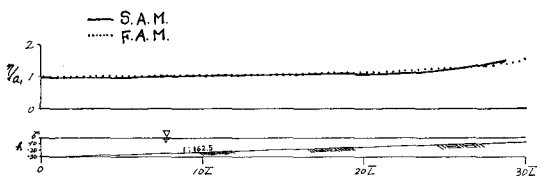


表-1 計算モデルの諸元

case	海底地形	対象水深	周期	モデルの規模	$\bar{L}$	d_s	Δt
1	1/162.5 勾配	-30~-10m	11sec	幅 $0.5\bar{L}$ × 長さ $30\bar{L}$	130m	13m	1/2sec
2	球面浅瀬	-45~-15m	8sec	$6\bar{L}$ × $8\bar{L}$	120m	12m	1/3sec

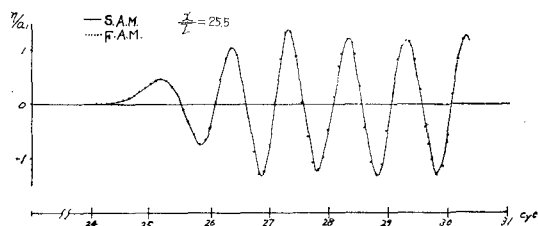


図-8 矩形モデルの通過波形

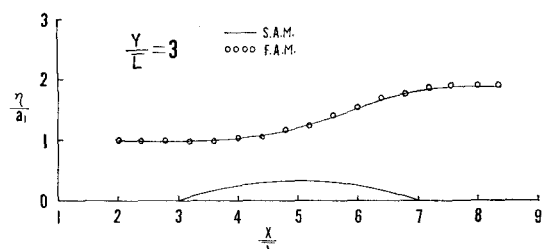


図-9 球面浅瀬の波高変化 (1)

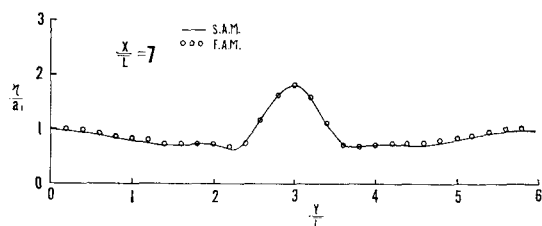


図-10 球面浅瀬の波高変化 (2)

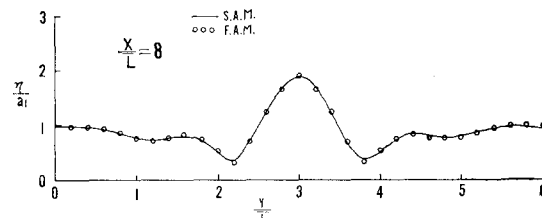


図-11 球面浅瀬の波高変化 (3)

5. 現地への適用例

周期 11 sec の波を対象に, $\Delta s = 13$ m, $\Delta t = 1/2$ sec で, 水深 -30 m 以浅について計算を行った。図-12 に現地の計算対象領域と, 周囲の地形を示してある。図-13 は, S.A.M. を用いて計算した防波堤建設予定地点付近の等波高比線図である。同図には, -35 m からの波向線を同時に示してあるが, 波向線の交差が生ずる所から背後にかけて高い値が認められる。ただし浅水度係数の補正は施されていない。

図-14 は防波堤建設予定法線上の到達波高分布に, 浅水度係数の補正をしたものであるが, この例では最大, 沖側波高の 1.7 倍が認められる。

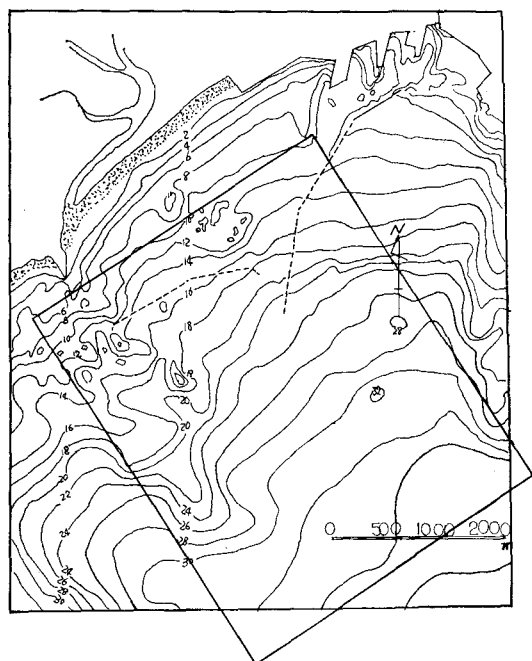


図-12 水深図

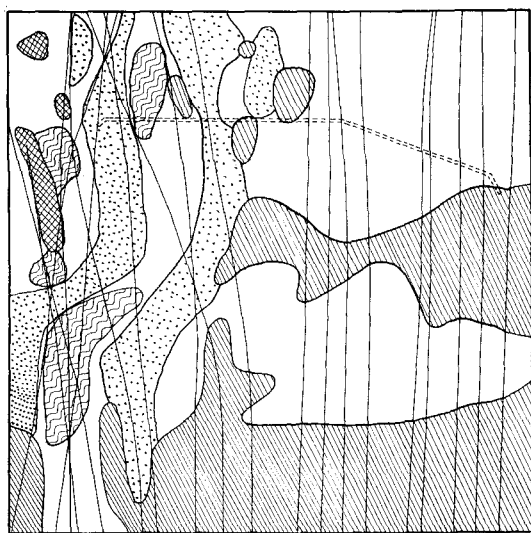
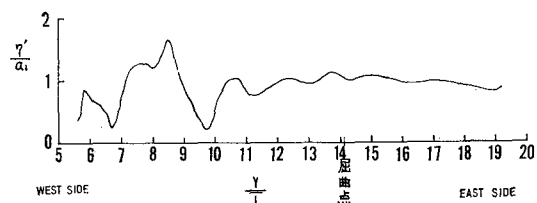


図-13 等波高比線図

図-14 防波堤法線上の波高分布
(浅水度係数の補正したもの)

これらは規則波による計算結果であり、いろいろな周期と方向の合成である現地の不規則な波に対しては、おのおのの成分波に対して、こうした計算を行い、屈折係数を求め、それらによって、不規則波を考慮した結果を用いることが理想的であろう。

6. む す び

以上、数値波動解析法を現地に適用する際の問題である計算機の容量に対し、波の周期性を利用した小区域の移動区域方式で対処できることを提唱し、簡単なモデルでの比較と、現地での一適用例を示した。

しかしながら、こうした方式を一般的なものとするにはまだ多くの問題点が残されている。

- ① 側面境界壁の扱いによる計算結果への影響
- ② S.A.M. での計算誤差を少なくするための、最適計算バンドの決め方

③ 定常波のとらえ方と計算バンド後端での与え方

④ 波高比の検出方法

これらの問題については今後引き続き検討したい。

なお、本計算を進めるに当って、運輸省港湾技術研究所 谷本勝利防波堤研究室長のご指導を仰ぎ、また計算は日本 I.B.M. 社の 360/195 を用い、プログラミングは同社のシステムズエンジニア富真一氏によって作成されたことを付記し、謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 伊藤喜行・谷本勝利：数値波動解析法とその応用—構造物周辺の波—，第18回海岸工学講演会論文集，1971.
- 2) 伊藤喜行・谷本勝利：波向線交差領域での波の屈折—数値波動解析法の応用 (2)—，第19回海岸工学講演会論文集，1972.