

# 海浜流シミュレーション・モデルの現地への適用

片岡 真二\*・足立 二雄\*\*・佐々木民雄\*\*\*・五十嵐 元\*\*\*\*

## 1. 緒 言

第一湾建設局伏木富山港工事事務所では、小矢部川河口の伏木港航路浚渫土砂を毎年新湊地区の外海に面した土砂処理処分ポンドへ投棄している。この処分地周辺の環境評価については、船舶からの土砂投棄影響現地調査、防波堤越波による背後処分地軟弱土の擾乱実験を実施して来た。今回は土砂処分ポンドからの流出土砂の時化時における周辺海域への影響予測を、海浜流シミュレーション・モデルにより実施したので、その概要を報告する。

汚濁物質の移流拡散パターンは、佐々木・五十嵐(1973)<sup>2)</sup>によると、①潮流型、②海浜流型、及び③吹送流型に分類できる。日本海は潮差が非常に小さいため、従来よりの潮汐流による汚濁拡散計算では不十分である。周辺海域への流出は、時化時の波浪による拡散作用が、潮汐流による拡散より、はるかに大きい影響を与えているものと思われるので、波浪による周辺海域へのにぎり評価を行なうためには、時化時、波浪による構造物周辺の流れを解析する必要がある。従来の自然海岸での海浜流計算プログラムでは、構造物周辺の流れを表示することが困難であったので、一部修正して使用した。

富山港沿岸の地形は、N~W側に能登半島、S~E側に立山連峰を有するため、日本海沿岸の他地区と比べると風や波は全く異なった傾向を示している。伏木富山港の波は他に比べ波高は小さく、波向はN~NEの間にほぼ一定している。また、比較的長周期の波も多く、波高2m以上で周期12secが観測され、いわゆる「寄り廻り波」の発生する処である。富山湾の海底地形は図-1のとおり深海部が陸部に非常に接近し、かつ複雑な地形を形成しているため、沿岸部の波浪分布特性は土屋・山口ら(1976)<sup>3)</sup>も示した通り波高比で2倍を越える処も存在している。特に新湊地区は凸型地形を形成しているので、波の集中を受けやすい処である。以上の様な海底地形の異なる地域でかつ海岸構造物の影響を受ける地区

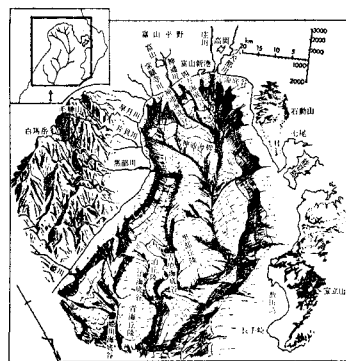


図-1 富山湾の海底谷と周辺陸上地形〔紺野義夫(1975): 日本海の謎, p. 26〕

について現地観測を行ない、海浜流計算を実施し、いくつかの興味ある知見を得た。

## 2. 数値モデルと基本式

防波堤のまわりの海浜流については Liu and Mei(1974)<sup>4)</sup>が取扱ってはいるが、任意の海底地形を入力できない。ここでは佐々木(1974)<sup>5)</sup>の任意の海底地形に適用可能なモデル NCSS (Nearshore Current Simulation System) を修正して用いた。

外力である防波堤周辺場の波高は、(1)式の様に、構造物による回折、地形による屈折、浅水度変形を考慮して決定した。

$$H(x, y) = K_d(x, y) \cdot K_r(x, y) \cdot K_s(x, y) \cdot H' \cdots (1)$$

ここで、 $K_d$ ・ $K_r$ ・ $K_s$ は夫々回折・屈折・浅水係数であり、( )内はその因子、 $H'$ は沖波波高、 $x, y$ は座標である。

$K_r$ は Munk and Arthur (1952)<sup>6)</sup>の ray intensity equation を格子点法で解いて与え、 $K_d$ は合田・鈴木(1975)<sup>7)</sup>の不規則波の回折係数を使用した。島堤については、両側からの回折を考慮し、波高比はエネルギー和、波向はエネルギー配分により与えた。

NCSS については、文献 5), 8) に詳しいが、その内容を略述すると、①定常、②線型(移流項なし)、③逸散項には海底摩擦のみ考慮、④外力には radiation stress を用いる、⑤任意の海底地形および波の条件に適用可能

\* 正会員 工務 運輸省第一港湾建設局 新潟調査設計事務所 調査課長

\*\* 正会員 運輸省第一港湾建設局 伏木富山港工事事務所次長

\*\*\* 正会員 工博 (株) アイ・エヌ・エー新土木研究所

\*\*\*\* 正会員 (株) アイ・エヌ・エー新土木研究所

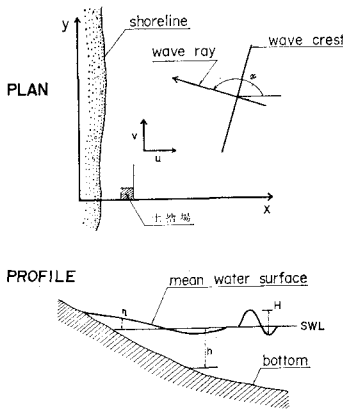


図-2 定義図

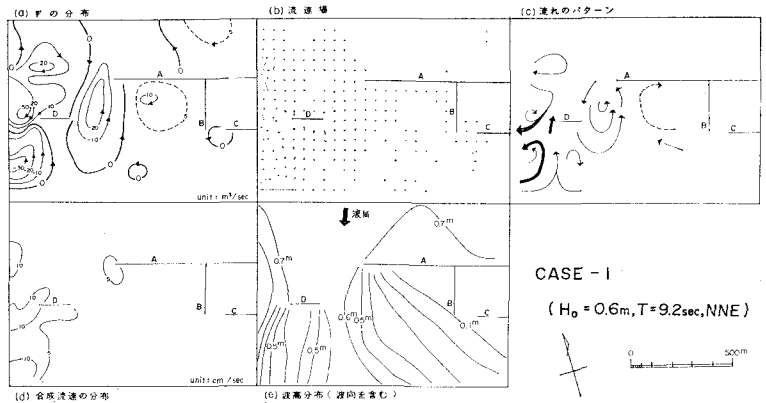


図-3 土捨場付近の検証計算結果 (CASE-1)

であり、式 (2)～(5) に定義する基礎方程式より輸送流れ関数  $\Psi$  (transport stream function) について解く流れ関数法のモデルである。

$$\text{運動方程式} \quad g \frac{\partial \eta}{\partial x} = M_x - F_x \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{運動方程式} \quad g \frac{\partial \eta}{\partial y} = M_y - F_y \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{連続方程式} \quad \frac{\partial \Psi}{\partial x} = v h \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{連続方程式} \quad \frac{\partial \Psi}{\partial y} = -u h \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに  $M_x, M_y$  は radiation stress 項,  $F_x, F_y$  は摩擦項,  $g$  は重力加速度,  $h$  は水深であり他は定義図 (図-2) にある通りである。

なお、本計算では海底摩擦係数  $f_w$  を次の様に修正した [Jonsson (1976)<sup>9)</sup>].

$$f_w = 0.30 \quad : \quad \frac{a_{\max}}{k} < 1.57 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{1}{4\sqrt{f_w}} + \log \frac{1}{4\sqrt{f_w}} = -0.08 + \log \frac{a_{\max}}{k} : \frac{a_{\max}}{k} \geq 1.57 \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 $a_{\max}$  は海底における水粒子の振幅,  $k$  は粗度長さである。

本モデルの適用に当たっての重要なポイントは、粗度長さ  $k$  の値の評価と波の場の正確な入力に絞られる。後者については、今後に研究の余地を多く残しているが、前者については、計算流況を実測流況によく合致するように、実測データより評価した。

### 3. 計算条件

計算領域は、2.5 km (沖合) × 2.5 km (沿岸) の範囲で、 $\Delta x = 50$  m で格子を組み、各格子点で計算を実施した。各点の水深は、深浅図より与えた。

境界条件としては、計算領域の境界ですべて  $\Psi = 0$  とした。計算領域は波の場がクローズするように選んでいるので、この条件はほぼ妥当なものと考えられる。

計算は、海底粗度長さを決めるため、検証ケースとして、流況観測日の条件 1 ケースと、時化時として波向 2 方向 (N, NE)、波高 (2 m, 5 m) の計 4 ケースについて実施した。

### 4. 現地観測と検証計算

昭和 51 年 10 月 22 日に、構造物の内側の水域において、現地観測を実施した。観測項目は入力条件としての波向、砕波波高、周期及び検証のための流況と砕波線の距岸である。観測結果は、波向 NNE、砕波波高 0.2～0.7 m、周期 9.2 sec、砕波線の距岸約 8 m であり、風は NNE～E の風速 2～3 m/sec で快晴であった。離岸堤背後には左右両方向からの流れがあり、防波堤内側では反時計回りの大きな環流が観測された。環流の観測流速は 5 cm/sec 程度であり、砕波帯内の沿岸流速は 10 cm/sec 内外であった。

検証計算は、観測流況に合うように粗度長さ  $k$  を変化させて実施した。図-3 は、土捨場付近の計算結果 ( $\Psi$  の分布、流速場、流れのパターン、合成流速の分布、波高分布) である。流れのパターンは、D 離岸堤の西側で岸側の渦と沖側の渦がぶつかり、東側の A 防波堤となす開口部では、岸⇄沖方向に長い渦が形成されており、観測流況パターンと良い一致が見られた。流速についても 5 cm/sec 弱が得られ、実測値にほぼ一致した。この時の粗度長さ  $k$  の値は 10 cm であった。この値は、通常の砂浜海岸 (数 cm 程度) としては多少大き目である。なお、岩石海岸では 20～40 cm である。

図-4 は、観測時の全域波高分布 (計算) である。西側区域に海谷の影響による著しい波の集中箇所が見られる (2カ所)。この波高分布が海谷に接する部分での流れ

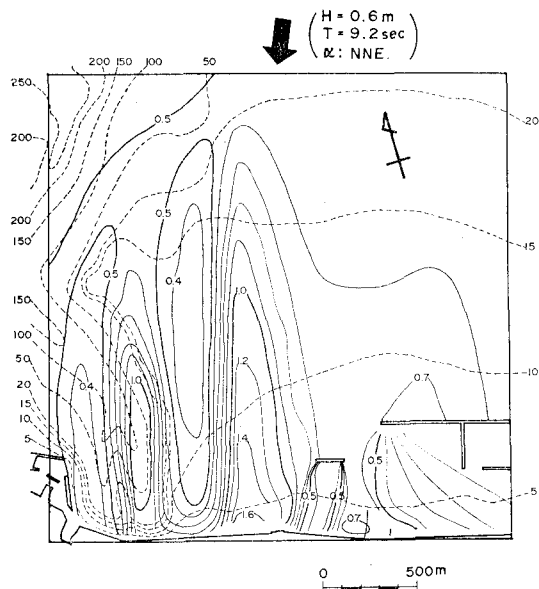


図-4 現地観測時の全域波高分布 (計算)

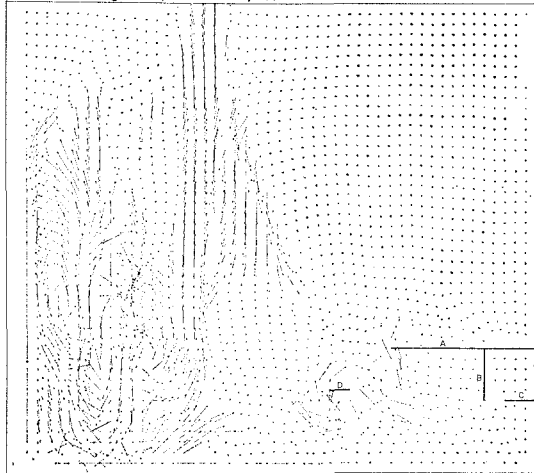
CASE-4 ( $H_0=5m$ ,  $T=12sec$ ,  $N$ )

図-5 時化時の流況 (全域, CASE-4)

を特徴づけており、岸⇄沖方向に非常に長く大きな渦が形成されている。

### 5. 時化時の流況 (計算結果)

図-5, 6 は、波高 5m, 波向 N, 周期 12 sec での流速場と土捨場周辺の計算結果である。主流の方向は波高 2m の時と同じであるが流れがダイナミックであり、A—D 開口部の渦が堤内の奥深くまで入り込んでいる。流速は、主流の最強部分で 2 m/sec を越え、蛇行している弱い部分でも 50 cm/sec を下らない。このケースは 50 年以上の発生確率である。

時化時の流れのパターンを総合したものが図-7 である。この図より次のような特徴が見出せた。

- ① 全体の流れのパターンは波向によって大きく異なる。
- ② 波向 N の時は図の左下から NE 方向への主流が存在し、A—D 開口部は反時計回りの渦が形成され波高が大きくなると、堤内奥深く侵入する。
- ③ 波向 NE の時は、大略的には波向 N と逆の傾向をとり、SW 方向の流れが図の左下に向う。しかし、波高条件が大きくなると様相が一変し、流れは複雑となる。
- ④ A—D 開口部には、どの波高でも反時計回りの環流もしくはそれに近い流れが形成されている。
- ⑤ いずれの波向に対しても、A 防波堤の背後には時計回りの環流もしくは半環流が形成される。

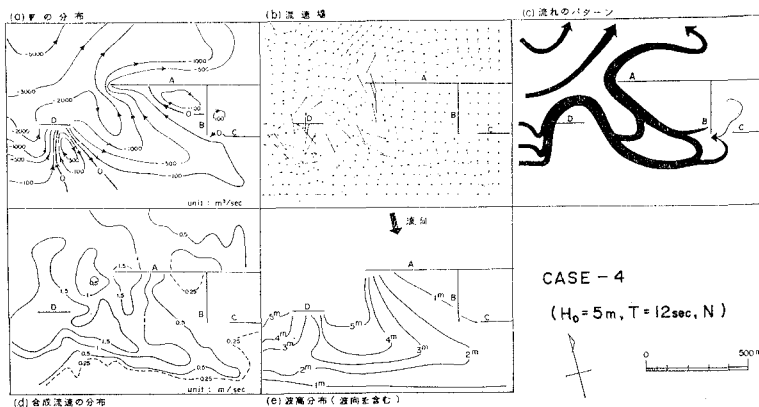


図-6 土捨場付近の時化時の流況 (CASE-4)

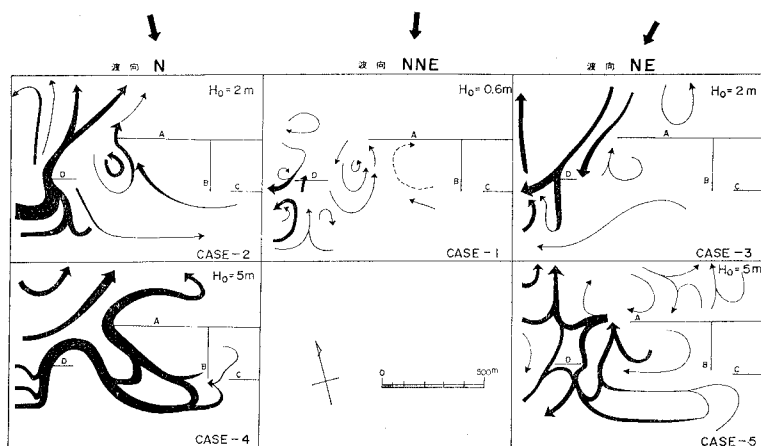


図-7 流況総合図

- ⑥ 堤内部分では、波向 N の時、B および C の開口付近から A 防波堤先端に向かう流れが、波向 NE の時にはさほど顕著にならず、約 1/2 の流速になる。

## 6. 結 論

今回の海浜流計算より次のことが明らかとなった。

- ① 全域の波高分布、流速図より富山特有の海谷の影響による著しい波の集中を定性的に表示出来た。
- ② 構造物周辺においても、一部修正した海浜流計算プログラムが充分適応出来ることが解った。
- ③ 波高別、波向別の流況結果より土捨場周辺の流れ場の評価が出来た。また、これより一連の影響評価の資料として充分なものと判明した。
- ④ 日本海地区においては、将来、潮汐流のみでなく波浪を考慮した汚濁拡散問題の解法が必要となるであろうが、今回の手法は将来の見通しをより明るくするものである。

最近では海浜流の模型実験も大きい施設を使って実施されているので数値計算との比較調整を行えば海浜問題もより進展することであろう。

今後の課題としては、今回考慮しなかった wave setup、構造物の反射率の問題および Inman et al. (1976)<sup>10)</sup> の様に水深の深い海谷周辺の流れの研究が必要と思われる。

最後に、本研究において運輸省港湾局防災課高井俊郎補佐官の御助力があったので、ここに記して深く感謝するものである。

## 参 考 文 献

- 1) 運輸省第一港湾建設局・(株)アイ・エヌ・エー新土木研究所：伏木富山港(新湊地区)海浜流数値計算および解析報告書、1976. 11.
- 2) 佐々木雄・五十嵐元：沿岸海域の水質と底質に及ぼす波と風の影響に関する野外的研究、第1回環境問題シンポジウム演説集、土木学会、pp. 17~21, 1973.
- 3) 土屋義人・山口正隆・芝野照夫・矢下忠彦：海岸波浪の変形に伴う波浪の地域分布特性、第23回海岸工学講演会論文集、pp. 296~301, 1976.
- 4) Liu, P. L-F. and C. C. Mei: Effects of a breakwater on nearshore currents due to breaking waves, Ralph M. Parsons Lab. Rep., No. 192, MIT, 1974.
- 5) 佐々木雄：海浜流系の構造に関する野外的研究、東京大学大学院工学系研究科学学位論文、p. 240, 1974.
- 6) Munk, W. H. and R. S. Arthur: Wave intensity along a refracted ray, in Gravity Waves, Chap. 13, National Bureau of Standards, 1952.
- 7) 合田良実・鈴木康正：光易型方向スペクトルによる不規則波の屈折・回折計算、港湾技研資料、No. 230, p. 45, 1975.
- 8) Sasaki, T.: Simulation on shoreline and nearshore current, Proc. Civil Eng. in the Oceans/III, ASCE, Newark, Delaware, pp. 179~196, 1975.
- 9) Jonsson, I. G.: Discussion of "Friction factor under oscillatory waves" by J. W. Kamphuis, Proc. Amer. Soc. Amer. Soc. Civ. Engrs. Waterways, Harbors and Coastal Engrs. Div. Vol. 102, No. WW1, 1976.
- 10) Inman, D. L., C. E. Nordstrom and R. E. Flick: Currents in submarine canyons: An air-sea-land interaction, Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 8, pp. 275~310, 1976.