

構造物周辺における準3次元海浜流場の数値計算に関する研究

鳥取大学 工学部 正 員 黒岩正光

鳥取大学 工学部 正 員 野田英明

鳥取大学 大学院 学生員 ○中嶋孝昌

1. はじめに

最近、海浜流の3次元性が重要視され、いくつかの準3次元モデルが提案されている。しかしながらモデルの多くは、構造物が存在しない一様斜面上の単純な場に対してのみ検討されている。構造物周辺や複雑な地形での適用性は明らかにされていない。

本研究の目的は、構造物周辺や複雑な地形において適用できるような海浜流場の3次元数値モデルを構築することである。本研究では、構造物（離岸堤）周辺の海浜流場を計算し、実験結果と比較することによってQ-3D数値モデルの適用性について検討する。

2. 数値モデル

波と流れの相互干渉は考慮せず、まず波浪場を、西村ら¹⁾の非定常緩勾配方程式を用いて計算し、流れ場は、以下に示す運動方程式と連続式を用いて算定した。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + W \frac{\partial U}{\partial z} = -g \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu_h \frac{\partial U}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu_h \frac{\partial U}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\nu_v \frac{\partial U}{\partial z} \right] - R_x \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + W \frac{\partial V}{\partial z} = -g \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu_h \frac{\partial V}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu_h \frac{\partial V}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\nu_v \frac{\partial V}{\partial z} \right] - R_y \quad (2)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0 \quad (3) \quad \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}(h + \bar{\zeta})}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}(h + \bar{\zeta})}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

ここに、 U, V および W は、それぞれ岸沖、沿岸および鉛直方向における定常流速、 g は重力加速度、 $\bar{\zeta}$ は平均水位である。 $\bar{U}$ および $\bar{V}$ はそれぞれ岸沖および沿岸方向の断面平均流速である。鉛直方向流速 W は式(3)から、平均水位は式(4)から算定される。 ν_h および ν_v は、それぞれ水平方向および鉛直方向の渦動粘性係数を表す。また、 R_x および R_y は波の存在による過剰運動量フラックス(radiation stress)の勾配を表し、本研究では渡辺ら²⁾の評価式を用いた。実際の計算では運動方程式を鉛直方向に有限要素法、水平方向には差分法を用いて数値的に解いた。詳細は Koutitas ら³⁾に譲る。底面での境界条件には、波と流れの共存場における摩擦応力(間間⁴⁾)を用い、水面境界には、Svendsen ら⁵⁾に基づいて波向き方向に与えた。鉛直渦動粘性係数は、土屋ら⁶⁾が示した波高と流速の関数で与え、鉛直方向には一定とした。水平渦動粘性係数は、Longuet-Higgins⁷⁾による表示を用いるが、そのままでは構造物付近の流れを過小評価することが知られており、それを改善するため清水ら⁸⁾による方法、すなわち、代表渦径として構造物からの距離と汀線からの距離の短い方を採用する方法で計算を試みた。

3. 準3次元海浜流モデルの適用性

離岸堤背後の循環流場の3次元性を把握するため模型実験を行った。実験は小型平板波動水槽(12m×6m×0.6m)を用いて行った。水槽内を導波板で3mに仕切り、鋼製の1/10勾配斜面を設置した。一様水深部を30cmとし、斜面上水深15cmの位置に幅1mの離岸堤模型を導波板に取り付けた。波浪条件は、周期1秒、波高を7.44cmと設定した。波高および流速はそれぞれ容量式波高計および水平2成分電磁流速計を用いて測定した。定常流速は、100波分の時系列データを時間平均することによって抽出した。得られた結果から循環流の平面分布および流速の鉛直分布について調べ、実験と同じ条件で計算した結果と比較し検討した。

図-1は離岸堤背後の中層付近における循環流の実験結果を表したものである。この図から、座標(50,230)に中心を持つ循環流が発生していることがわかる。図-2(a)および(b)はそれぞれ離岸堤背後の平均水位面および底面の循環流の計算結果を表したものである。これらの図から平均水位面と底面とで循環流の形状が異なるのが見て取れる。離

岸堤背面付近において平均水位面では冲向きの流れが生じているのに対し、底面では岸向きの流れが生じている。また底面では汀線付近で戻り流れが生じている。図-3(a), (b)および(c)は、図-1中の St. A, B および C における定常流速の鉛直分布の計算結果と実験結果を比較した一例である。St. A および C では、実験値は鉛直方向にほぼ一定となっており、計算結果は実験結果とほぼ一致していることが分かる。一方、離岸堤背面(ST. B)の結果から岸沖方向の定常流速 U は、実験値、計算値ともに底面付近と上層付近では流れが反転しているのが分かる。このことより、離岸堤近傍では、螺旋状の鉛直分布を有することが分かる。沿岸方向の定常流速 V の計算値は、鉛直方向にほぼ一定になっているのに対し、実験値は鉛直方向に分布を有している。また、計算値は、沿岸方向流速 V を過大評価しているのが分かった。

4. おわりに

本研究では、離岸堤背後の循環流の特性を把握するため模型実験を行い、さらに準3次元海浜流モデルの適用性について検討した。模型実験から、構造物近傍において螺旋状の鉛直分布を持つ循環流が発生することが分かる。本数値モデルによる計算結果は、離岸堤背面近傍において、沿岸方向流速 V を過大評価するが、概ね実験結果を再現できた。

最後に、本研究は土木学会中国支部平成9年度自主研究「日本海沿岸域における暴浪時の海浜変形予測に関する研究」による研究成果の一部であることを付記する。

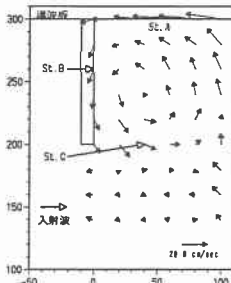


図-1 離岸堤背後の循環流の実験結果

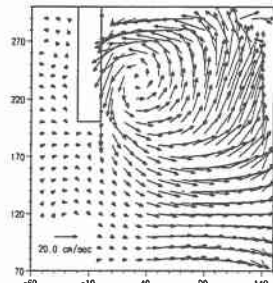


図-2(a) 離岸堤背後の循環流の計算結果(平均水位面)

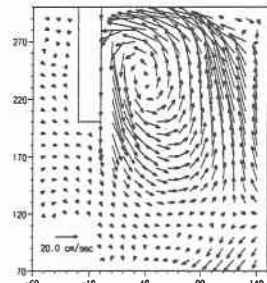


図-2(b) 離岸堤背後の循環流の計算結果(底面)

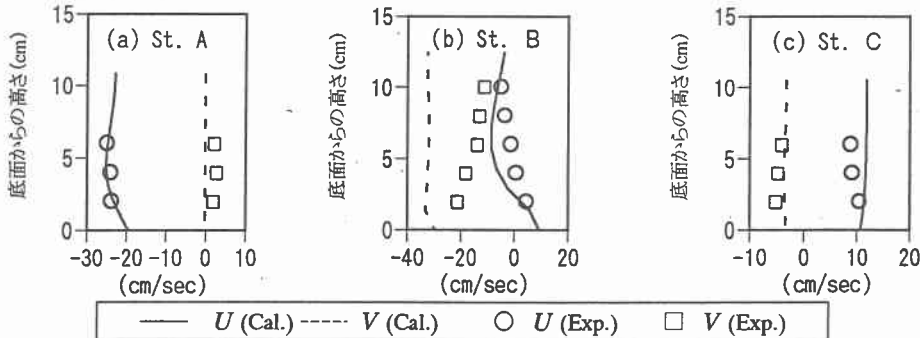


図-3 循環流の鉛直分布の実験値と計算値の比較

<参考文献> (1)西村仁嗣ら(1983): 直接数値積分による波の場の解析, 海岸工学論文集, 第30巻 (2)渡辺晃ら(1984): 屈折・回折・碎波減衰を含む波浪場の数値解析法, 海岸工学論文集, 第31巻 (3) Koutitas ら(1980): Modeling Three-dimensional wind-induced flows, Proc. ASCE, HY11 (4) 本間仁監修/堀川清司編; 海岸環境工学, 東京大学出版会 (5) Svendsen, I.A (1989): Velocities in combined undertow and longshore currents, Coastal Eng., Vol.13, (6) 土屋義人ら(1986): 碎波帯における戻り流れについて, 海岸工学論文集, 第33巻 (7) Longuet-Higgins, M.S (1970): Longshore currents generated by obliquely incident wave, J. Geophys. Res., Vol. 75, No.33 (8) 清水琢三ら(1989): 海浜変形予測手法の現地適用性に関する研究, 海岸工学論文集, 第36巻