

II-449

潜水浮防波堤周辺の海浜流場の数値解析

名古屋大学工学部 正会員 ○ 水谷 法美
 玉野総合コンサルタント 正会員 村上 宗隆
 名古屋大学工学部 正会員 岩田好一朗

1. はじめに： 著者は、これまでに新しい海浜制御構造物として、景観や水質交換性の面から従来の離岸堤に比べて利点の大きい潜水浮防波堤を取り上げて検討を加え、潜水浮防波堤が海浜制御機能を有することを明らかにした¹⁾。本研究では、背後の海浜地形の形成機構を明らかにするため、潜水浮防波堤周りの海浜流場を数値解析を行って論議したのでその結果について報告する。

2. 数値計算： 本研究では、非定常緩勾配方程式を使って波動場の計算を行い、この計算から求まるラディエーション応力を外力として海浜流の計算を行った²⁾。それぞれの基礎式は以下の様である。

$$\langle \text{波動場} \rangle \quad \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{n} \nabla_h (n \cdot \mathbf{q}) = 0 \quad \cdots (1) \quad \frac{\partial \mathbf{q}}{\partial t} + C^2 \nabla_h \eta = 0 \quad \cdots (2)$$

$$\langle \text{海浜流場} \rangle \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \nabla_h \cdot [(h + \zeta) \mathbf{U}] = 0 \quad \cdots (3) \quad \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + (\mathbf{U} \cdot \nabla_h) \mathbf{U} + g \nabla_h \zeta + \mathbf{R} + \mathbf{F} + \mathbf{M} = 0 \quad \cdots (4)$$

ここに、 η ：水位変動、 ζ ：平均水位の変動量、 n ：群波速と波速 C の比、 h ：水深、 $\mathbf{q}$ ：線流量ベクトル、 $\mathbf{U}$ ：海浜流ベクトル、 $\mathbf{F}$ ：底面摩擦項、 $\mathbf{M}$ ：拡散項、 $\nabla_h = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$ である。また、 $\mathbf{R}$ はラディエーション応力項で波動場の計算から求まる。これらの基礎式、および解析方法は従来のものと同様であるため、紙面の都合上、ここでは詳細は割愛する。本研究では、透過域があり、さらに動揺を伴う潜水浮防波堤を対象とするため、このような効果を新たに計算に考慮する必要がある。しかし、波動場、海浜流場と浮体の動揺を浮体の運動方程式を使って同時に計算するのは極めて煩雑であるため、本研究では現地における実用性の面からこれらの効果を近似的に計算に組み込む手法を開発した。まず、本計算手法は、鉛直方向の積分量、あるいは平均量を使った平面二次元の計算であるため、浮防波堤下部の透過域の効果を、波動場の計算では、反射率と透過率を使って鉛直方向に一樣に与えた。この際、反射率と透過率を、浮防波堤表面では完全反射、下部では完全透過の条件を仮定し、線流量と浮体と水深の比から微小振幅波の鉛直方向流速分布を使って求めた。海浜流の計算では、浮防波堤下部に、周囲の海浜流と流量の連続性を満たすような流れを与えた。越波については、図-1に概略を示すように、天端から自由表面までの線流量を浮防波堤前面の線流量から微小振幅波の流速分布を仮定して求め(図中■部)、これを浮体背後の海浜流に付加した。

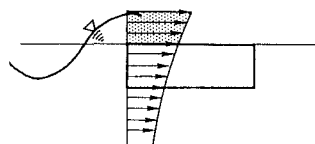


図-1 越波の概念図

一方、浮体の動揺のうち、heave については、heave によって発生する水位変動を浮体の境界で与え、これを波動による水位に加えた。sway については、浮体の動揺と等価な流速を浮体境界面上で与え、図-2に示すように、それによって生じる線流量(図中■部)を波動場の線流量に加えた。rollの効果は、rollが大きいときには浮体上の越波が大きくなることが別に行った実験¹⁾より確認されているため、浮体上の越波を大きくすることで対処した。なお、heaveとswayの振幅は、二次元実験の結果³⁾に基づいてそれぞれ入射波の振幅の1/10倍、1倍とした。

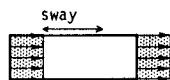


図-2 swayの概念図

3. 数値解析結果とその考察： 潜水浮防波堤背後に形成される尖角州の形状は、単頭、双頭、および三山のものに大別できることが従来の移動床実験によって判明している。そして、その海浜地形形状には D/h (D は浮体高さ、 h は設置水深)と lx/A (lx は離岸距離、 A は浮体幅)が大きく影響を及ぼすことが指摘されている¹⁾。そこで、これらの支配パラメーターが海浜流場に及ぼす機構に着目し、検討を加える。

図-3 (a)と(b)は、同一の lx/A と入射波の条件に対し、 D/h を変化させた場合の海浜流の計算結果を示した

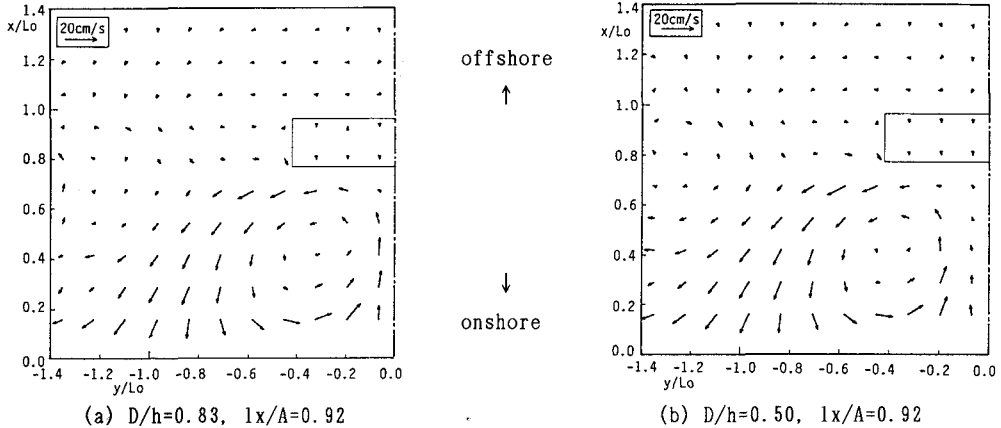


図-3 海浜流場に及ぼす D/h の効果 ($H_o/L_o=0.01$, $d/h=0.0$ (H_o :沖波波高, L_o :沖波波長, d :潜水水深))

ものである。両図とも明瞭な海浜流の循環セルの形成が認められるが、両者を比較すると、潜水浮防波堤背後の流況に若干差異があり、 D/h の小さい方が潜水浮防波堤背後の冲向きの流れが弱くなる。これは、潜水浮防波堤下部からの透過波が、 D/h の小さい方が(潜水浮防波堤下部の透過域が大きい方が)大きくなるためである。比較のため、着底式離岸堤に対して海浜流の計算を行った結果、同様の循環セルが形成された。図示しないが、離岸堤の場合、さらに循環セルは強くなることが明らかになっており、以上の結果から、 D/h が小さくなると潜水浮防波堤下部の透過波が大きくなり、背後の海浜流の循環セルが変化するといえる。

つぎに、 $1x/A$ の効果について論議する。図-3(b)の条件から $1x/A$ のみを変化させた場合の海浜流の解析結果を図-4に示す。同両図からも海浜流の循環セルの形成が認められるが、 $1x/A$ が大きい場合、循環セルの位置が外側に移動していることが明らかである。これは、潜水浮防波堤による回折波の影響の差異による。線流量ベクトルの波一周期内の時間変化の空間分布を計算し、論議した結果、図示

しないが、 $1x/A$ が小さい場合、汀線近傍まで回折波の影響により浮体背後から汀線までの範囲で線流量ベクトルの卓越方向が岸冲方向から傾くのにに対し、 $1x/A$ が大きくなると、潜水浮防波堤背後の領域では回折波の効果は認められるものの、汀線付近まではその効果は及ばなくなる。そして、その結果として、海浜流の外力になるラディエーション応力に差異が生じ、 $1x/A$ が大きい場合、 $|y/L_o| < 0.2$ の範囲では、ラディエーション応力の勾配は小さくなる。そのため、図-3(b)と図-4にみられるような差異が生じたものである。

4. おわりに: 以上、潜水浮防波堤周りの流れ場を数値解析結果に基づいて論議してきた。その結果、水理実験によって見いだされた背後地形の支配パラメーターが海浜流場に及ぼす機構が明らかになった。本研究では、潜水浮防波堤の効果を近似的に計算に組み込んで解析を行ったが、今後さらに精度よい解析手法を開発し、検討を加えていく所存である。

《参考文献》1) 岩田ら, 海岸論文集, 第37巻, pp. 414-418. 2) 西村ら, 第31回海講論文集, pp. 396-400.

3) 上田, 名古屋大学修士論文, 1989.

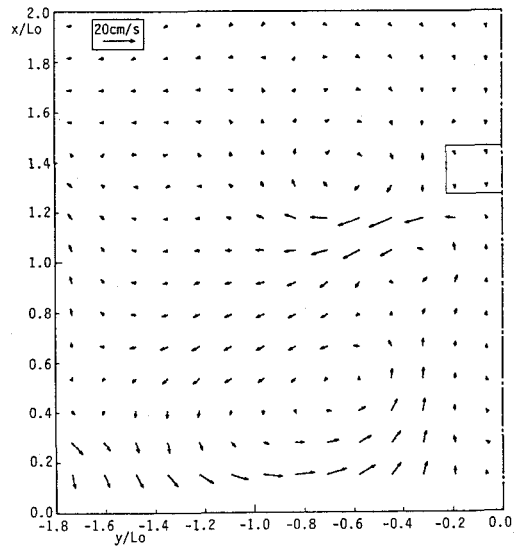


図-4 海浜流場に及ぼす $1x/A$ の効果
($D/h=0.5$, $1x/A=2.99$, $H_o/L_o=0.01$, $d/h=0.0$)