

II-47

潜堤周辺の流れ場の数値計算

八戸工業高等専門学校 学生員 ○竹林 剛

八戸工業高等専門学校 正 員 南 将人

1. はじめに

離岸堤に代わり多用されている潜堤の直背後では、局所的な洗掘現象が発生している。このような現象の解明には流速場や圧力場を知る必要がある。

本研究は、潜堤周辺の流れ場を求めるための数値計算を行い、境界条件の与え方による流速場の違いについて検討したものである。入力境界条件の与え方として、一様流と振動流の場合の 2 種類を設定し、流速分布及び底面圧力を比較した。

2. 基礎式と数値計算法

数値計算に用いた基礎方程式として、非圧縮性粘性流体の 2 次元における連続式（式-1）と運動方程式（式-2）の 2 つ、全 3 式を用いた。

静水面を基準に水平方向に X 軸を、鉛直上向きに Y 軸を設定し（図-1）、潜堤形状として高さ $h=0.175\text{m}$ 、天端幅 $B=0.375\text{m}$ 、全水深 $D=0.3\text{m}$ と設定した。

これらの偏微分方程式の数値計算には、計算格子にスタッガード格子（図-2）を用い、非圧縮性 2 次元流体解析コードの 1 種である「SOLA」法を用いた。

連続の式

$$u_x + v_y = 0 \quad \text{式 (1)}$$

N. S. 式

$$\begin{aligned} u_t + (u^2)_x + (uv)_y &= -\frac{1}{\rho} p_x + g_x + \nu(u_{xx} + u_{yy}) \\ v_t + (uv)_x + (v^2)_y &= -\frac{1}{\rho} p_y + g_y + \nu(v_{xx} + v_{yy}) \end{aligned} \quad \text{式 (2)}$$

3. 数値計算のモデル

図-1 に計算対象の潜堤形状図と計算領域図を示す。同図に示すように計算格子間隔 $\Delta x = \Delta y = 0.01\text{m}$ 、 $\Delta t = 1/200$ 秒とした。連続の式から得られるポアソン方程式の解法には TSLOR 法を用い、相対誤差 1.0×10^{-3} あるいは繰り返し回数が 30000 回となるまで繰り返し計算を行った。

入力側の境界条件としては、鉛直方向に一様流を与えた場合（Case1）と鉛直方向に微小振幅波理論を用いた 2 次元の鉛直方向に流速分布を考慮した振動流（Case2）を与え、反対側の境界条件には自由透過型とした。また、潜堤天端面や斜面の境界条件には、自由スリップ条件を用いた。

流速と圧力変数をスタッガード格子に配置し、 180×30 （全 5400）格子で数値計算を行った。

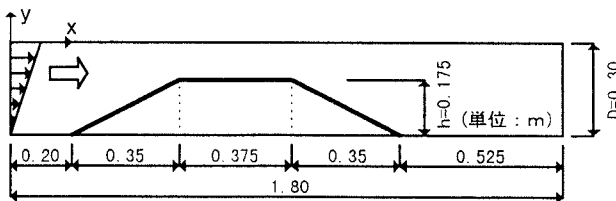


図-1 計算領域と潜堤形状

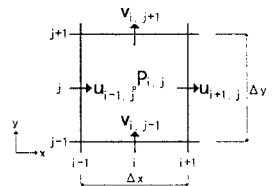


図-2 スタッガード格子

4. 計算結果を考察

4.1 一様流速分布の場合 (Case1 : 一様流)

図-3に50秒後の流速分布図を示す。

潜堤沖側法先 (図中A) では、斜面に沿うように流れが発達しており、沖側肩部ではその慣性力により逆向きの流れが生じている。また、岸側の斜面では、斜面に沿う下側の流れが生じている。さらに図中Bに示すように斜面途中で上向きとなる流れ領域が発生している。

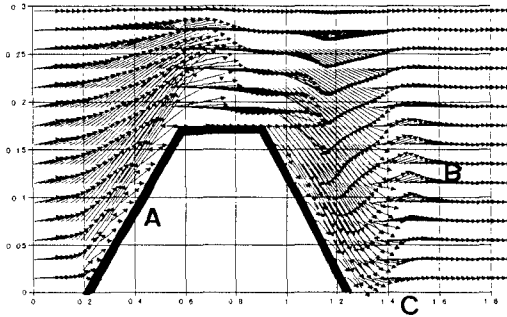


図-3 平面流速分布図 (一様流)

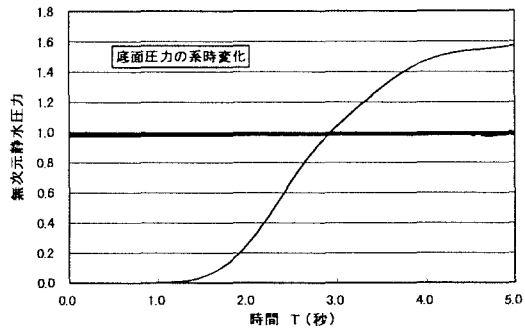


図-4 底面圧力の変動 (一様流)

図-4 に、潜堤岸側法先部底面 (C) での圧力の変化を全水深で無次元化した結果を示す。T=10秒以下は計算の安定のために指数関数形の増加として与えたためにほぼ0となっている。

数値計算の結果、背後の圧力変化は全水深の1.5倍と見込まれる。また、さらに背後の領域における圧力変化を検討した結果、位相のずれがあるものの大きさについてはどの領域でも同じであった。

4.2 振動流の場合 (Case2 : 周期0.9秒)

次に、振動流を与えた場合の計算結果を示す。振動流の周期は0.9秒とし、鉛直方向に流速分布を微小振幅波理論で算定した結果を与えた。

図-5に、入射波境界位置で波が谷となる時の流速分布を示す。潜堤周辺の流れは、岸側から沖側向きに流れている。背後の斜面では、法先に近づくに従って徐々にその流速が速くなり、一様流の場合と比較するとより鉛直に向いている。岸側法面 (図中C~D) においては、ほぼ鉛直方向に流れが生じて岸側肩部 (C) では天端面から離れるような流速分布となっている。潜堤沖側 (A) では、ほぼ法先に沿うような流れ分布となっている。

図-6に示す圧力の系時変化より、 ± 1.5 倍 (対全水深) の圧力変化をする事が分かる。

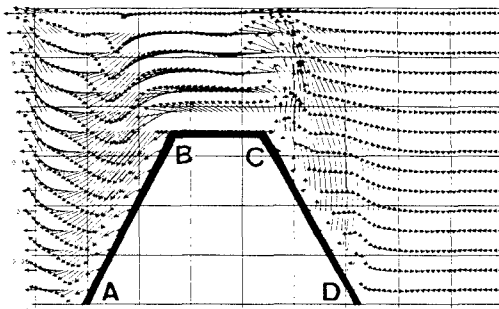


図-5 平面流速分布図 (振動流)

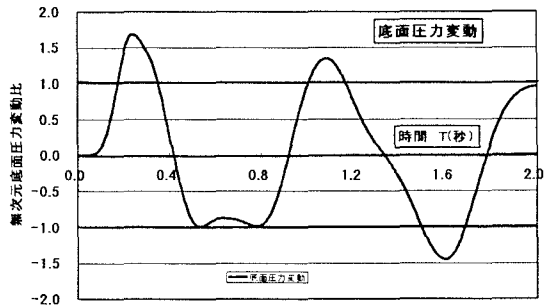


図-6 底面圧力の変動 (振動流)

5. まとめ: 本研究より、最低水位時の背後の流速場は、一様流の場合に比べて振動流の場合にはより鉛直向きとなり、圧力変動については水深の約1.5倍となる事が分かった。

参考文献: 流れの計算、八田夏夫、森北出版 (株)、海岸波動【波動・地盤と波の相互関係】、土木学会