

II - 99

人工リーフ開口部幅と底面流速に関する研究

八戸工業高等専門学校 小山内 和幸

八戸工業高等専門学校 南 将人

1. はじめに

海岸保全施設として、離岸堤に代わり人工リーフが多用されているが、施工前後に実施した深浅測量図を用いた解析結果によると、開口部を有する場合には、開口部中央あるいはその沖側に侵食域が発生した事例が報告されている。この領域は、リーフを越えて岸側に透過した波が強い「戻り流れ」となって開口部から沖側に流出している為と考えられ、構造物設置に伴う周辺の地形変化予測の為には、底面近傍の流れ強さの評価が重要である。

本研究は、この底面流速に及ぼす開口部幅の影響を検討するために、水深変化による急激な波高増大や碎波を伴っており、またリーフ端部で急激な水深変化となるため、碎波によるエネルギー減衰に渦粘性逸散モデルを組み込んだ「拡張型の強非線形ブシネスクモデル」を用いて、開口部幅を種々変化させて、最大底面流速および平均流速の大きさについて整理した。

2. 数値計算法および対象地

前述のモデルを数値計算するライブラリー（FUNWAVE）を用いて、開口部周辺の水位および底面流速を算定した¹⁾。ライブラリーで使用されている連続式と運動方程式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \eta_t + \nabla \left\{ (h + \eta) \left[u_a + \left(z_a + \frac{1}{2}(h - \eta) \right) \nabla (\nabla(hu_a)) - \left(\frac{1}{2}z_a^2 - \frac{1}{6}(h^2 - h\eta + \eta^2) \right) \nabla(\nabla u_a) \right] \right\} = 0 \\ u_{at} + (u_a \nabla) u_a + g \nabla \eta + z_a \left\{ \frac{1}{2} z_a \nabla(\nabla u_{at}) + \nabla(\nabla(hu_{at})) \right\} + \nabla \left\{ \frac{1}{2}(z_a^2 - \eta^2) (u_a \nabla)(\nabla u_a) + \frac{1}{2} [\nabla(hu_a) + \eta \nabla u_a]^2 \right\} \\ + \nabla \left\{ (z_a - \eta) (u_a \nabla)(\nabla(hu_a)) - \eta \left[\frac{1}{2} \nabla u_{at} + \nabla(hu_{at}) \right] \right\} = 0 \quad \text{式(1)} \end{aligned}$$

ここで、 η :水位、 h :水深、 u_a :水深 z_a での水平流速を示す。

日本海側のある海岸に設置された人工リーフを対象とし、岸沖方向 1,400m、沿岸方向 1,000m を計算領域とした。この海岸には、堤長 $L_r=400$ m、開口幅 $W=100$ m の人工リーフが 2 基設置されている。計算格子間隔は $\Delta x=\Delta y=4$ m とし、格子数 350×250 の全 87,500 格子での水位および底面流速を時系列で算出した。沖側からの入射波諸元は、現地で観測された波浪データを用いて、設計時に海浜安定化の波浪諸元として使用された波高 $H=2.0$ m、周期 $T=6.0$ 秒を設定した。波高の影響を調べるために、波高を 0.5m おきに $H=2.0 \sim 4.0$ m の 5 段階に変化させ、また、堤長と開口幅比を $L_r/W=3, 4, 5$ とし、計 15 ケースの計算を行った。それ以外の主な諸元は、リーフ天端水深を 2m とし、海底勾配 1/100 とし、沖側境界での水深 10m と設定した。

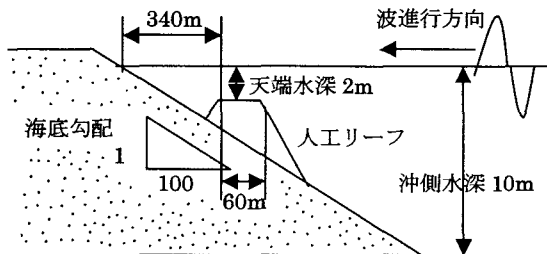


図-1 計算諸元（断面図）

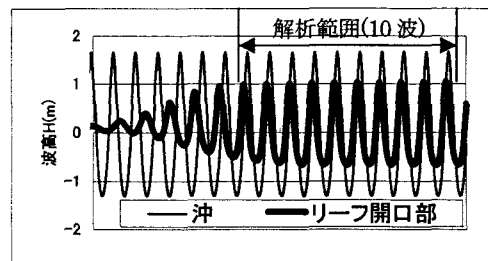


図-2 波高の時系列分布

3. 計算結果および考察

3.1 水位変化

図-2 に沖側境界での水位変化と開口部中央での水位変化の算定結果を示す。境界位置では、正弦波の水位変動が正確に入射されている事が確認できる。この図は $Lr/W=4$ 、 $H=3m$ での計算結果である。入射波高と比較して、砕波が発生していることより開口部中央での波高は入射波高の $2/3$ の波高となり、また、非線形性が現れて、水位の正負時に非対称となっている。後述する最大底面流速および平均流速は、開口部で一定の振幅となる後半の 10 波を対象に整理した。

3.2 開口部周辺の平均底面流速ベクトル分布

図-3 にリーフ周辺の 10 波平均の底面流速ベクトル分布図を示す。波進行方向は図中の左から右であるが、平均流速は沖向きとなっており、開口部中央からの強い流れの影響でリーフ天端面から沖側法先にかけて流速ベクトルが様々な方向を有している。他のケースにおいても同様の分布を示していた。開口部底面においての戻り流れの発生は小山内ら²⁾の実験結果と一致しており、平均流速場の再現性は高いと言える。

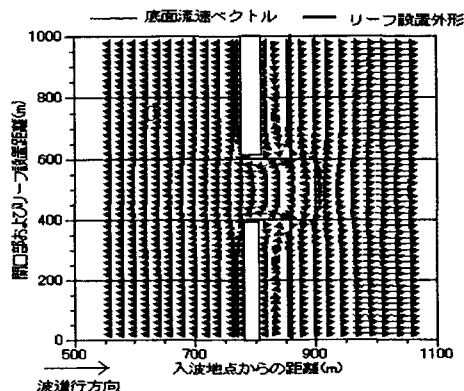


図-3 底面流速ベクトル分布

3.3 平均流速

10 波平均による底面位置での平均流速を、ストークス波の質量輸送速度で無次元化した値を、図-4 に示す。いずれの開口幅においても平均流速はストークスの式より小さくなっている。 $Lr/W=5$ の場合が $0.94 \sim 0.98$ 、同様に $Lr/W=4$ で $0.89 \sim 0.93$ 、 $Lr/W=3$ で $0.84 \sim 0.89$ となり、開口幅が狭いものほどストークス式による質量輸送速度に近くなる。

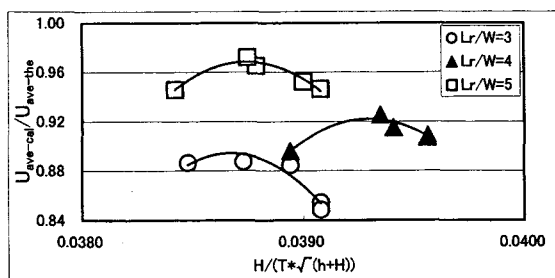


図-4 平均底面流速とストークス波理論との比較

3.4 最大流速の比較

底面流速の経時変化より、開口部底面における最大流速の大きさは、開口幅が狭くなる程、大きくなっている。微小振幅波理論による底面での水平成分運動速度で無次元化した結果を図-5 に示す。いずれの開口幅においても、微小振幅波理論より小さくなっており、海浜安定に有効とされる $Lr/W=4$ 時には微小振幅波理論の約 0.94 倍となるのに対し、それ以外の幅では 0.96 倍とやや大きくなっている。

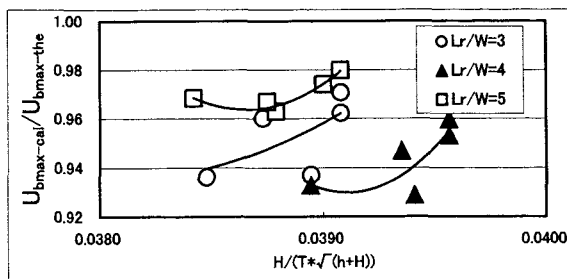


図-5 最大底面流速と微小振幅波理論との比較

4. まとめ

本研究によって得られた主な結論を以下に列記する。①開口部底面における戻り流れの発生がほぼ正確に再現されていた。②開口部底面での平均流速は、開口部幅が狭いほどストークス式による質量輸送速度に近くなった。③海浜安定に有効とされる $Lr/W=4$ の最大流速は、微小振幅波理論の水平成分運動の約 0.94 倍となった。

参考文献

- 1) 南将人・真野明:人工リーフ開口部の数値計算 平成 14 年度土木学会東北支部発表会概要集,p.264~265.
- 2) 小山内和幸・南将人:リーフ開口部の鉛直断面流速分布の研究,平成 15 年度海洋開発論文集,p.213~218.