

清水建設(株)大崎研究室 正員 清川哲志
 明星大学情報学部 望月 仁

1. はじめに

波浪フィルタは、電気回路によるフィルタとのアナロジーから、望月ら(1990)によって考案された周波数フィルタの一種であり、特定の周波数帯域の波を遮断することが可能である。電気回路とのアナロジーを用いる利点は、予め設定した周波数特性を満足するように構造物を設計できることである。望月らは、既にこうして設計された波浪フィルタが、設計どおりの周波数特性を示すことを模型実験により確かめている。しかし、等価電気回路を用いる制約から、対象とする波は極浅海波か深海波で、フィルタ構造物は方形断面平行水路中にあるものとしている。通常、波浪制御構造物が設置される海域では、波は浅海波で、望月らの仮定は制約条件がきつい。また、構造物が平行水路中にあるという仮定は、鏡像原理により、構造物が無限に並んでいる状況と同値である。実際の波浪制御構造物はオープン海域に設置され、設置個数も有限個であり、波浪フィルタ理論で仮定している状況と実際の間には差異がある。そこで、本研究では、入射波は通常の浅海波、構造物も有限個の場合の例として、波浪フィルタを並設人工島間に設置した場合について、その有効性を数値シミュレーションによって調べた。

2. 波浪フィルタの設計

望月らによる波浪フィルタの概念(平面図)を示したのが図-1である。遮断周波数 f_c (この周波数以下の波は通過させ、これ以上の波は減衰させるとする周波数)、減衰極周波数 f_∞ (最も減衰させたい波の周波数、ただし、 $f_c < f_\infty$)、水深 h 、および水路幅 b が決まれば、次式によって図-1中の諸元が決まり、フィルタ構造物が設計できる。

$$b_3 = \frac{mb}{\sqrt{2(1-m^2)}}, \quad l_2 = \frac{1}{\pi f_c} \sqrt{\frac{gh(1-m^2)}{2}}, \quad \frac{l_1}{b_1} = \frac{m\sqrt{gh}}{2\pi f_c b}, \quad m = \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f_\infty}\right)^2}$$

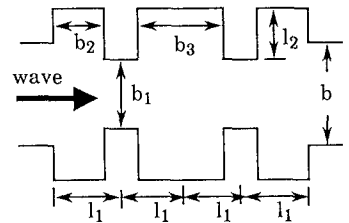


図-1 波浪フィルタの概念図

本研究では、構造物の設置間隔(=構造物中心線間距離)を水路幅 b と見なしてフィルタを設計した。

3. 波変形の解析

フィルタ構造物は一定水深 h 中に設置されているものとし、入射波は微小振幅波と仮定した。そして、水粒子の運動は速度ポテンシャルによって記述できると仮定し、回折・散乱波の速度ポテンシャルを未知関数とする線形境界値問題として定式化した。基礎方程式は、速度ポテンシャルの平面分布関数 $\phi(x,y)$ に関する2次元Helmholtz方程式($\nabla^2 \phi + k^2 \phi = 0$; k : 波数)となる。この問題は、任意断面柱体による波の回折問題とまったく同じであり、種々の解法が提案されているが、ここでは基礎方程式の基本解($= (i/4)H_0^{(1)}(kR)$)をグリーン関数とする境界要素法によって解いた。したがって、最終的にフィルタ構造物没水表面分割要素上の未知ポテンシャル値に関する複素係数連立一次方程式が得られ、それを数値的に解いた。任意点の速度ポテンシャルは、得られた没水表面上のポテンシャル値とグリーン関数の定理を用いることによって得られ、これから波高などの物理量が求められる。ただし、 i : 虚数単位、 $H_0^{(1)}$: 第一種ハンケル関数、 R は次式で求められる2点間の距離である。 $R = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}$ 、 (x,y) , (ξ,η) : 領域内の点。

4. 数値計算結果と考察

オープンな海域に人工島を並べて設置し、人工島と人工島の間に波浪フィルタを設置するものとした。計算の対象としたのは、図-2に示した平面形状を有する人工島で、波浪フィルタ部分は、減衰極周波数 $f_\infty = 0.1\text{Hz}$ に設定して設計されたものをベースにしている(寸法が半端な数値になるので、それを丸めた値を用いている)。これらを中心間隔が200mとなるように設置する。このとき、開口部幅は40mで、波に対する開口率は20%である。入射波の周期を8、9、10秒と変えて計算を行なったが、この結果、計算した中では周期

9秒の場合が最も背後水面が静穏になった。また、波浪フィルタの効果把握するために、開口率が同じになるように配置した矩形人工島の場合についても比較計算を行なった(開口幅40m)。人工島は、2、3、4基設置した場合について計算を行なった。数が多くなるほど設計の仮定に近くなるが、現実性を考えて4基までとした。図-3はこれらの計算結果の内、入射波周期が9秒の場合(波長97.7m)の人工島周辺の波高分布を示したものである。波高は入射波高との比で表しており、コンターのピッチは0.2である。また、波は図の上から下に向かって入射している。図からわかるように、人工島背後の領域は、いずれもフ

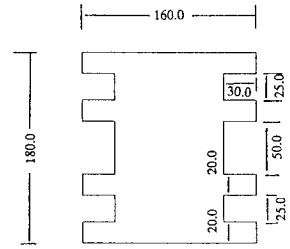
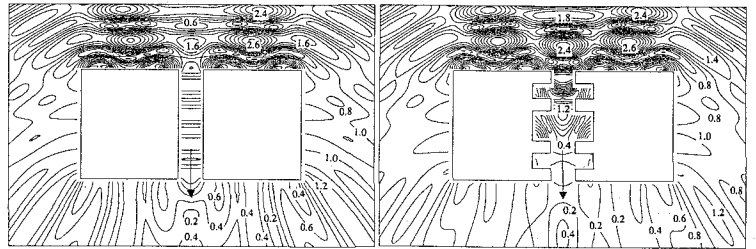
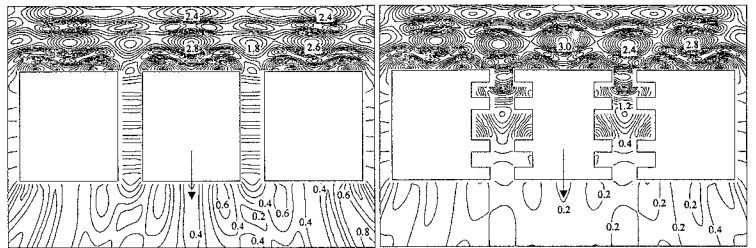


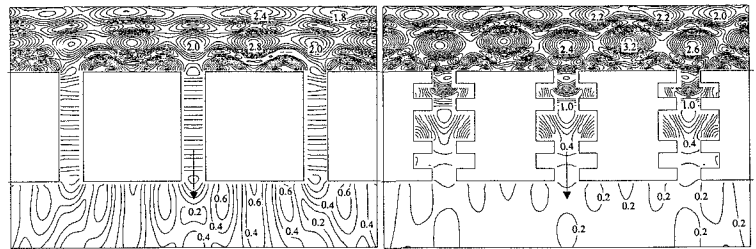
図-2 波浪フィルタ併設人工島の諸元



(a) 2基並設



(b) 3基並設



(c) 4基並設

図3 人工島周辺の波高分布

(波浪フィルタを併設する場合としない場合の比較 周期9秒)

5. おわりに
人工島に波浪フィルタを併設した場合の背後水域の顕著な静穏化が示された。これにより、複数の人工島を設置するような場合、その間を波浪フィルタとすることによって、背後水面を広い領域にわたって静穏化することも可能と考えられる。実用化には、他の波浪制御(消波)形式との比較による経済面からの検討が必要であるが、波浪フィルタは、新しく、しかも有力な形式の一つと思われる。
本研究は、(財)海洋都市開発研究会OCG委員会(委員長: 望月 仁)による研究活動の一環として行なわれたことを記し、関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 望月 仁他(1990): 波浪周波数フィルタ, 電気学会論文誌A, 110-A, 8, pp.493-500.
望月 仁(1990): 波浪フィルタ, 日本音響学会誌, 46, 12, pp.998-1003.