

設置水深による共振装置の波浪制御効果の変動特性について

愛媛大学工学部 正 員 中村孝幸
愛媛大学大学院 学生員 加藤孝輔
(株)ウエスコ 川本健次

1. まえがき： 共振装置は、運河や港に侵入する波を防ぐ目的から提案されている。近年、望月ら¹⁾は、電気回路におけるフィルタ理論を応用して必要な周波数特性を持つ共振装置の設計法（波浪フィルタ理論）を示している。既に著者らの中の一人²⁾は、波浪フィルタ理論の妥当性を、港口部用の共振装置を対象にして数値解析モデルと水理実験により検証している。しかしながら、このフィルタ理論による共振装置は、長周期の外洋波浪を対象にする場合、その平面寸法は比較的大きなものとなり、建設コストの面から考えると従来方式の防波堤に比較して割高になりやすい。波浪制御効果を維持して、平面寸法を減ずる方法としては、装置の設置水深を浅くすることが考えられる。すなわち、長波の波長は水深の平方根に比例することから、波長という物差しで装置の寸法を見ると、水深を浅くすれば装置の平面寸法を減ずることができる。ここでは、このような設置水深による共振装置の波浪制御効果の変動特性を数値解析モデルに基づき検討する。

2. 波浪フィルタ理論による理論的検討： 波浪フィルタ理論によると、遮断周波数 f_c 、減衰極周波数 f_∞ 、設置水深 h 、及び矩形共振装置の出入口の水路幅 b_0 とすると、残りの装置の寸法 b_3, l_1, l_2 が次式で求められる。

$$b_3 = \frac{m b_0}{\sqrt{2(1-m^2)}}, \quad l_2 = \frac{1}{\pi f_c} \sqrt{\frac{g h (1-m^2)}{2}}, \quad l_1 = \frac{m \sqrt{g h}}{2 \pi f_c} \quad \text{ここに} \quad m = \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f_\infty}\right)^2} \quad (1)$$

設計条件として遮断周波数 f_c ($T_c=20\text{sec}$)、減衰極周波数 f_∞ ($T_\infty=10.8\text{sec}$)、設置水深 $h=15\text{m}$ 、開口長 $b_0=50\text{m}$ を設定すると、図-1に示すような共振装置の寸法が求められる。

ここで、共振装置の寸法としては、図-1に示すものに固定して、水深 h のみを変化させると、遮断周期 T_c 、減衰極周期 T_∞ が式(1)に基づきどのように変化するかを求めてみた。この結果を示すのが、図-2である。この図より、設置水深 h を浅くすると、 T_c, T_∞ が全体的に長周期側に移動し、また、有効周期帯 (T_c と T_∞ の間)も広がることなどがわかる。

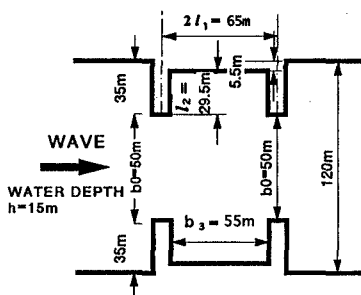


図-1 共振装置 ($T_\infty=11\text{sec}, T_c=20\text{sec}$, 水深15m)

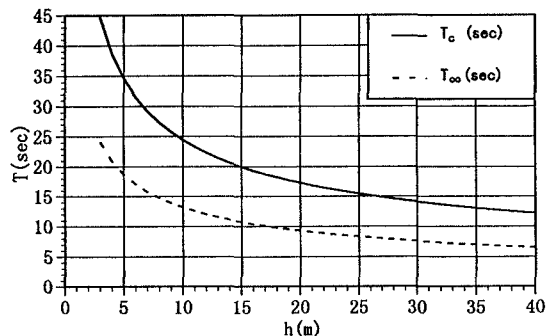


図-2 水深による T_∞, T_c の変化

キーワード 共振装置、波浪制御効果、水深変化

〒790 松山市文京町3番 電話(089)927-9835 FAX(089)927-9851

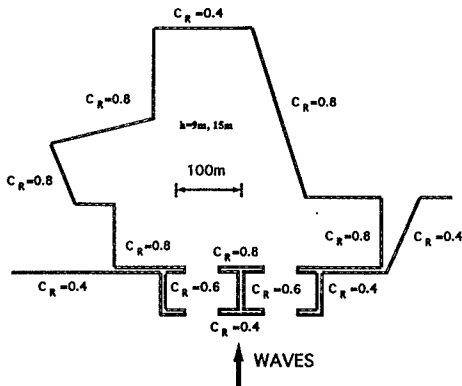


図-3 港湾形状および反射率の条件

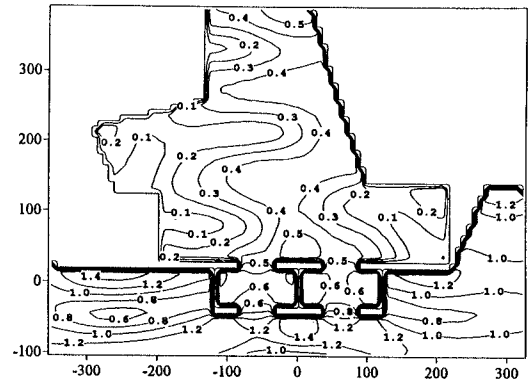


図-4 港湾域の波高比（h=15m）

3. 港口部に設けた共振装置の波浪制御効果： 港湾域の波高分布の算定には、低反射条件を考慮できるように部分吸収条件を導入した鉛直線Green関数法を用いた。計算の対象にした港湾モデルは、図-1の共振装置を港口部に設けた図-3に示すものである。このとき共振装置の内壁は、港口部に相当する共振装置内の波高を低減できるように低反射型（反射率 $C_R=0.6$ ）とした。

図-4,5は、それぞれ上記した共振装置で採用した設置水深 $h=15m$ およびより浅くして $h=9m$ としたときの波高比の算定結果をコンターで示す。両者共に波周期は $T=20sec$ としてある。これらの比較から、港内波高比は、設置水深 $h=9m$ の方が全体的に低く、設置水深を浅くすることにより、より長周期の波まで制御可能になることが分かる。また、このときの共振装置内の波高比は、0.6程度以下と船舶の通行に支障がない程度になっている。図-6は、港内静穏度を定量的に評価できるように、港内側での平均波高比 $(K_d)_{av}$ の周期による変化を示す。この図より、設置水深 h を $15m$ より $9m$ に浅くすると、制御効果の有意な周期帯が長周期側に移行するなど、波浪フィルタ理論で予測される結果と一致することなどがわかる。また、この図中には、共振装置の場所だけ水深を $9m$ として、その他を $15m$ としたときの結果についても示してある。この結果と全体的に水深を $9m$ としたときのそれとを比較すると、ほぼ類似した制御効果が見られ、局部的に装置内のみの水深を浅くすることでも有効帯域幅を変化できることがわかる。

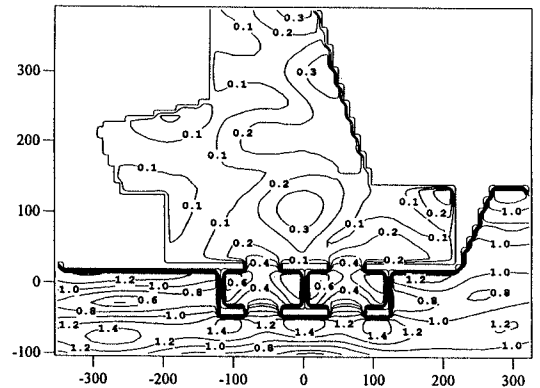


図-5 港湾域の波高比（h=9m）

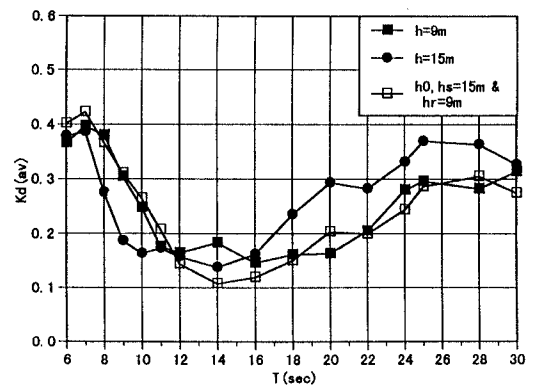


図-6 港内の平均波高比

4. 結語： 共振装置の平面寸法を固定して、設置水深を浅くすると透過波を有効に低減できる有効周期帯は長周期側へ移行すると共にその帯域幅は拡大する。そして、この変化特性は、波浪フィルタ理論によりほぼ推定できる。＜参考文献＞ 1) 望月 仁(1990): 波浪フィルタ, 日本音響学会誌46巻12号, pp.998-1003. 2) 中村孝幸・鈴木裕明・森田知志(1995): 港口部に設けた共振装置による港内波浪の静穏化効果について, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.746-750