II-38　有孔壁岸壁による部分重複波のｎｏｄｅ位置について

九州大学工学部　正会員　奥薗英明

1．はしがき

遊水部をもつ直立消波構造物は、特定の波長の波に対しては消波効果が高く、これを岸壁や護岸として用いれば港内を静穏にすることができる。この種の消波構造物の研究は数多くなされており、断面寸法と反射率の関係はすでに明らかにされている[1),2)]。しかし、越波や繋留船の動揺などを考える場合に重要となる消波構造物の前面波形については不明な点が多い。

ここでは、長波近似理論を用いることにより、有孔壁岸壁による部分重複波のｎｏｄｅ位置を反射率の計算値と対比して示し、その傾向が有孔壁の空隙率によって大きく異なることを明らかにする。さらに、このことを実験により検証する。

2．ｎｏｄｅ位置を示す式

図－１に示すような遊水部をもつ有孔壁岸壁において、有孔壁の壁厚をW_0、空隙率をV、遊水部幅をW_1、全堤体幅をB、水深hでの波長をLとし、原点Ｏを静水面上でかつ有孔壁前面に取り、長波近似理論を用いると、複素反射率Kは次式のように表わされる[1)]。

$$K=\frac{1-\frac{1}{2}kW_0(\beta+i\alpha)(1-e^{2ikW_1})}{1+\frac{1}{2}kW_0(\beta+i\alpha)(1-e^{-2ikW_1})}\cdot e^{-2ikW_1}\quad\cdots(1)$$

ただし、$\alpha=(1+\mu_2)/V$，$\beta=(\mu_1/\sigma)/V$
μ_1、μ_2はそれぞれ流速および加速度に比例する抵抗の係数、σは角周波数、kは波数である。

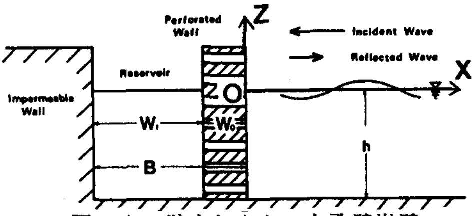
Kの絶対値をK_r、実数部を$\mathrm{Re}(K)$、虚数部を$\mathrm{Im}(K)$、偏角をεで表わすと次式を得る。

$$\tan\varepsilon=\mathrm{Im}(K)/\mathrm{Re}(K)\quad\cdots(2)$$

$$\mathrm{Re}(K)=\frac{\{\alpha kW_0-\cot(kW_1)\}^2+(\beta kW_0)^2-1}{\{\alpha kW_0-\cot(kW_1)\}^2+(\beta kW_0+1)^2}\quad\cdots(3)$$

$$\mathrm{Im}(K)=\frac{2\{\alpha kW_0-\cot(kW_1)\}}{\{\alpha kW_0-\cot(kW_1)\}^2+(\beta kW_0+1)^2}\quad\cdots(4)$$

有孔壁前面からｎｏｄｅまでの距離をx^*で表わすと、次の関係式が得られる。



図－１　遊水部をもつ有孔壁岸壁

$$x^*/L=\frac{\varepsilon}{4\pi}+\frac{2n+1}{4}\quad\cdots(5)$$

したがって、W_0/L、V、W_1/Lおよび抵抗係数μ_1/σ、μ_2が与えられれば式（２）～（５）より有孔壁岸壁による部分重複波のｎｏｄｅ位置がわかる。ただし、$-\pi\leqq\varepsilon<\pi$であり、$n=0$，１，２，・・・はそれぞれ有孔壁前面より沖に向かって第１，２，３，・・・番目のｎｏｄｅを表わす。

3．計算値と実験値および考察

壁厚W_0/L、空隙率Vの有孔壁に対して、遊水部を特定の幅にすると反射率は最小となる。このときの全堤体幅と反射率をそれぞれ最適全堤体幅B^*/L、最小反射率K_r^*とすると、W_0/Lに対して、$V=W_0/L+0.167$とするときに、K_r^*は最も小さくなることが実験的に示される[2)]。

図－２，３は有孔壁の壁厚と波長の比W_0/Lが0.03のとき$V=0.10$，0.12，・・・，0.32および$V=0.196$，0.198に対するｎｏｄｅ位置x^*/Lと反射率K_rの計算値を、B/Lを横軸として示したものである（このときの$K_r^*=0$となる空隙率は$W_0/L=0.03$を$V=W_0/L+0.167$に代入して$V=0.197$となる）。

（１）$V<W_0/L+0.167$のとき、x^*/Lは遊水部幅が非常に狭いときは0.75よりやや小さい値であるが、B/Lが大きくなるに従って一度小さくなり、最適全堤体幅B^*/Lで$x^*/L=0.75$（すなわち有孔壁前面のところでｌｏｏｐ）になったあとやや大きくなり、その後ほぼ一定値に近づく。また、空隙率が小さくなるに従ってx^*/Lは$V=0$（不透過壁）のｎｏｄｅ位置を示す図中の破線（$x^*/L=0.75$）に漸近する。

（２）$V > W_0/L + 0.167$のとき、x^*/LはB/Lの増加とともに小さくなり、B^*/Lで$x^*/L = 0.50$（すなわち有孔壁前面のところでｎｏｄｅ）になり、その後も小さくなる。すなわち背後不透過壁が有孔壁前面から遠ざかるに従ってｎｏｄｅ位置は岸の方へ移動する。また、空隙率が大きくなるに従ってx^*/Lは$V = 1.0$（有孔壁がない場合）のｎｏｄｅ位置を示す図中の一点鎖線（$x^*/L = 0.75 - B/L$）に漸近する。

（３）$V = W_0/L + 0.167$のとき、K_r^*は０となり、反射波はなくなる。

図－４は有孔壁岸壁の実験によるｎｏｄｅ位置と式（５）より計算したx^*/Lを比較した例で、$\sigma^2 h / g = 0.5$（gは重力の加速度）、W_0/Lは０．０２４６である。実験のx^*/Lは部分重複波の水面波形を容量式波高計で$L/50$ごとに測定して求めたもので、それぞれの値は文献１）の図－１４の反射率の値と対応する。図－４のx^*/Lの実験値と計算値はほぼ一致しており、理論の検証ができたと考える。

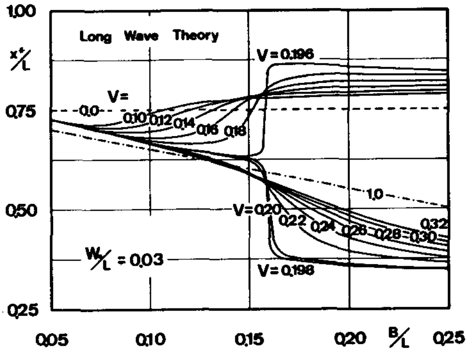
なお、計算に用いた抵抗係数μ_1/σは文献２）の式（５）、μ_2は０とし、x^*/Lは計算値実験値ともに$V < W_0/L + 0.167$のときは$0.5 < x^*/L < 1.0$、$V > W_0/L + 0.167$のときは$0.25 < x^*/L < 0.75$の範囲について示した。

４．むすび

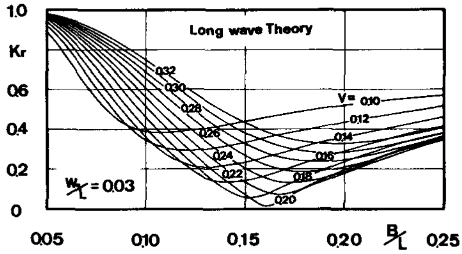
ここでは有孔壁岸壁についてのみ示したが、同様な結果が水平スリット壁岸壁の実験[3]においても得られている。以上のことより、この種の岸壁の模型実験を行うとき、部分重複波のｎｏｄｅ位置を測定すれば、使用した透過壁の空隙率がK_r^*を最小にするVよりも大きいか小さいかの予測ができる。

また、K_r^*を最小にする空隙率よりもやや大きいVにし、全堤体幅をB^*/Lにすれば、反射率はやや大きくなるが有孔壁前面はｎｏｄｅになり、水位の上下動は小さく、越波防止に有効であると予想される。

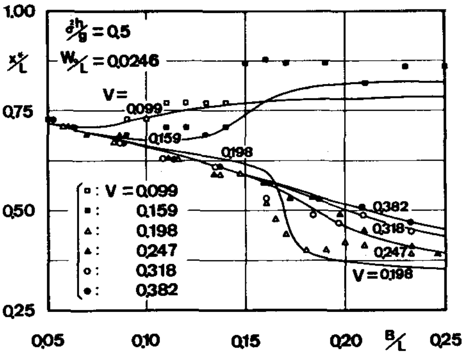
最後に、本研究を進めるにあたり、終始ご指導を賜わった九州大学工学部井島武士教授に深く感謝の意を表します。



図－２　有孔壁岸壁のｎｏｄｅ位置



図－３　有孔壁岸壁の反射率



図－４　有孔壁岸壁のｎｏｄｅ位置（実験値）

参　考　文　献

１）　井島武士・奥薗英明：遊水部をもつ棚式直立消波構造物の理論解析と消波特性、土木学会論文報告集、第３２７号、pp.８７～９７、１９８２．

２）　奥薗英明・吉田明徳・井島武士：遊水部をもつ消波護岸の周波数特性と斜め入射波に対する反射率、土木学会論文報告集、第３３５号、pp.９７～１０６、１９８３．

３）　運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所：直立消波構造物の消波特性実験報告書、pp.１～８３、１９８２．