

大阪大学工学部 正会員 岩田 好一郎

大阪大学工学部 正会員 榎木 亨

大阪大学工学部 正会員 栗田 秀明

1. 緒言: 近年, 消波効果を有する鉛直岸壁が注目され, この種の岸壁形状の開発とその消波特性について実験的・理論的な検討がなされてきている。本論でとりあげるのは, 図-1 に示すような前面に二重の透過壁と有し背後に不透過壁と有する鉛直消波岸壁である。著者らは51年度の関西支部年講で岸壁の反射率 $\bar{R}_R^*$ と治水部内の不透過壁面での無次元水位変動 $\bar{H}_1/\bar{H}$ の算定式を式(1)と式(2)として理論的に誘導し, その特性について若干の考察を加えた。本論では, まず式(1)と式(2)の妥当性と水理実験により検証し, ついで前面透過壁として一重透過壁と有し背後に不透過壁を持つ鉛直消波岸壁との消波特性の差異を明らかにすることとする。

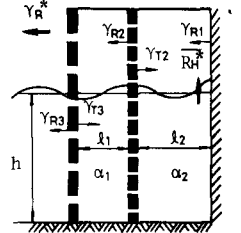


図-1. 鉛直消波岸壁

$$\bar{R}_R^* = \left| \bar{R}_{R3} + \bar{\alpha}_1 \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3} \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_1^2 \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3}} \right) + \bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2 \bar{\gamma}_{R1} \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3} \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_2^2 \bar{\gamma}_{R1} \bar{\gamma}_{R2}} \right) \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_1^2 \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3}} \right)^2 \times \right. \\ \left. \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_1^2 \bar{\alpha}_2 \bar{\gamma}_{R1} \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3}} \right) \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_2^2 \bar{\gamma}_{R1} \bar{\gamma}_{R2}} \right) \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_1^2 \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3}} \right) \right| \quad \text{----- (1)}$$

$$\left| \frac{\bar{H}_1}{\bar{H}} \right| = \left| \bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2 \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3} (1 + \bar{\gamma}_{R1}) \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_2^2 \bar{\gamma}_{R1} \bar{\gamma}_{R2}} \right) \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_1^2 \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3}} \right) \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_1^2 \bar{\alpha}_2 \bar{\gamma}_{R1} \bar{\gamma}_{R2} \bar{\gamma}_{R3}} \right) \left(\frac{1}{1 - \bar{\alpha}_2^2 \bar{\gamma}_{R1} \bar{\gamma}_{R2}} \right) \right| \quad \text{----- (2)}$$

なお, 上式で $\bar{H}$ は入射波高, $\bar{\gamma}_{Rj} = \gamma_{Rj} \exp(i\theta_{Rj})$ は反射率, $\bar{\gamma}_{Tj} = \gamma_{Tj} \exp(i\theta_{Tj})$ は透過率, $\bar{\alpha}_p = \alpha_p \exp(-2\pi x/L)$, $\alpha_p = \exp(-\epsilon x/L)$ は減衰率, 添字, $j=1$ は不透過壁での値, $j=2$ は岸側透過壁での値, $j=3$ は沖側透過壁での値, $p=1$ は透過壁面での値, $p=2$ は岸側透過壁と不透過壁面での値, θ は位相, L は水深 h における波長, $i = \sqrt{-1}$, x は沖側透過壁前面と岸壁との距離, 岸方向を正軸とする水平距離, 記号で上つきーは複素ベクトルを示す。

2. 水理実験: 実験はプランジヤー型消波棧が設置されている屋外鋼製消波水槽(長さ50m×幅0.65m×高さ1.0m)でおこなった。消波棧の設置してある水槽端から25m離れた地盤に小段を設けて水深を浅くして22cmとし, この水深の後端部に消波岸壁を設置した。なお, 岸壁は模型幅、関係で水路を2分割し幅の広い水路(50cm)に岸壁模型を設置した。用いた透過壁は板幅20cm、板厚1.5cmの塩化ビニール製の縦スリット壁である。実験板おと水位変動の計測は電気抵抗式水位計でおこない, その記録は全てペン・レコーダーでおこなった。岸壁の反射率 $\bar{R}_R^*$ はHealyの方法で求めている。実験波は周期1秒で波高3.0cmと3.5cmの2種類(水深22cmでの波高)であり, 縦スリットの開口比を0.111, 0.200, 0.300と3種類変えて透過壁の反射率と透過率を変えて鉛直消波岸壁の消波特性を調べた。また, 無次元治水部長 $l_1/L = 1/32 \sim 12/32$, $l_2/L = 1/32 \sim 24/32$, $(l_1 + l_2)/L = 1/32 \sim 36/32$ (l_1 は透過壁面距離, l_2 は岸側透過壁と不透過壁面距離)の範囲で変えている。なお, 本論で用いた縦スリット壁では反射率の位相は入射波の位相とはずれるなく($\theta_{Rj} = 0$), 透過波の位相は入射波の位相に対し $-0.15/(rad.)$ ずれる($\theta_{Tj} = -0.15/(rad.)$)ことが予備実験で確かめられており, 以下に示す式(1)と式(2)の理論値は $\theta_{Rj} = 0$, $\theta_{Tj} = -0.15/(rad.)$ の関係式を用いて計算されている。また, 実験的に $\bar{\gamma}_{Tj} \approx 1 - \bar{\gamma}_{Rj}$ が確認されたので, 式(1)と式(2)の計算では $\bar{\gamma}_{Tj} = 1 - \bar{\gamma}_{Rj}$ の関係式を用いている。

式(1)と式(2)の計算値と実験値を比較すると, 図-2 ($\gamma_{R2} = 0.639$, $\gamma_{R3} = 0.262$, $q/L = 3/32$), 図-3 ($\gamma_{R2} = \gamma_{R3} = 0.206$, $q/L = 3/32$), 図-4 ($\gamma_{R2} = 0.262$, $\gamma_{R3} = 0.167$, $q/L = 3/32, 4/32, 5/32$)に数例として示されているように, 両者は比較的良好に一致しており, 沖側透過壁と後面の不透過壁面での波の反射と無限に考える事により誘導された式(1)と式(2)で岸壁の反射率と不透過壁面での水位変動は比較的高精度で算定できるといえる。この二重透過壁型岸壁は治水部を2つ有するので一重透過壁の場合(治水部が一つ)とは消波特性が大きく異なり, 図-4にも示されているように, l_1/L

ℓ/L の値によっても δ_R^* と $|R^*|/H$ は変り、さらに $Y_{R2}, Y_{R3}(\theta_{R2}, \theta_{R3})$ が変化するとその挙動は複雑になるのでその消波特性の差異を一般的に論議するのは極めて煩雑である。ところで、岸壁の反射率 δ_R^* は、 $Y_{R2}=1.0$ と $Y_{R2}=Y_{R3}=0, Y_{R1}=1.0$ の両極端の場合は $\delta_R^*=1.0$ となるから、与えられた $\ell/L (=(\ell_1+\ell_2)/L)$ に対して δ_R^* のとりうる最小値が存在するので、この δ_R^* の最小値の特性について二重透壁型と一重透壁型の差異を明らかにしておく。 δ_R^* の最小値は式(1)より求めるが、同式を解析的に解く事は極めて煩雑なので数値計算によりその概略値の一例を求め両者を比較しのが表-1 である。なお、 δ_R^* を最小にする $Y_{R2}, Y_{R3}, \ell/L, \ell_1/L$ の組合せが複数ある場合は $|R^*|/H$ (式(2)) を最小にする組合せを採用しているでそれらの値も同時に示してある。また、一重透壁壁の場合の計算は式(1), 式(2)で $Y_{R2}=0, Y_{R1}=1.0, Y_{R3}=Y_R, \theta_{R2}=\theta_{R1}$ としている(図-4 についても同様)。同表によれば、透壁壁で位相がずれない場合は両者の差異はないが、透壁壁で位相がずれるにともない、同一の $(\ell_1+\ell_2)/L = \ell/L$ に対して二重透壁壁にする方が一重透壁壁の場合より δ_R^* と $|R^*|/H$ の両方とも小さくなり、さらに一重透壁壁の場合より透水部長と短くしても充分消波効果が高く(例えば、 $\theta_{R2}=\theta_{R3}=-0.196(\text{rad})$ では、 $\ell/L=1/8$ で $Y_{R2}=0.075, Y_{R3}=0.350, \ell_1/L=0.094, \ell_2/L=0.031$ に対して $\delta_R^*=0.185, |R^*|/H=1.075$ 好しい事が指摘できる。なお、表-1 に示す結果の妥当性については水理実験により検証していないが、先に述べたように計算値と実験値の一致度が比較的良好なことから同表の結果も妥当なものと考えている。

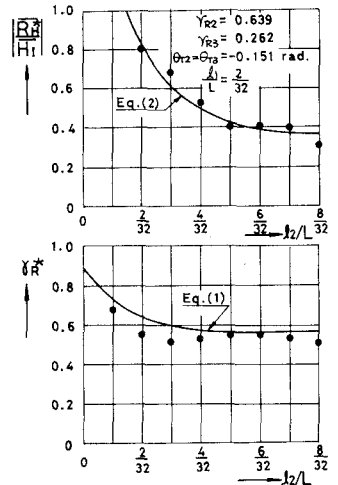


図-2. 計算値と実験値の比較

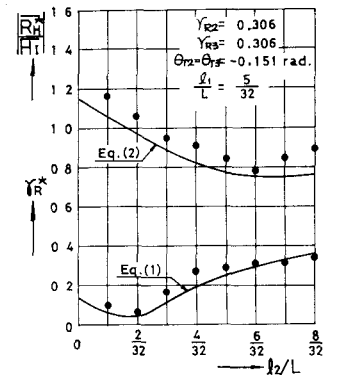


図-3. 計算値と実験値の比較

- 1) 榎木・岩田・梁田：51年度関西支部年鑑掲載集
- 2) 榎木・岩田：土木学会論文報告集(投稿中)

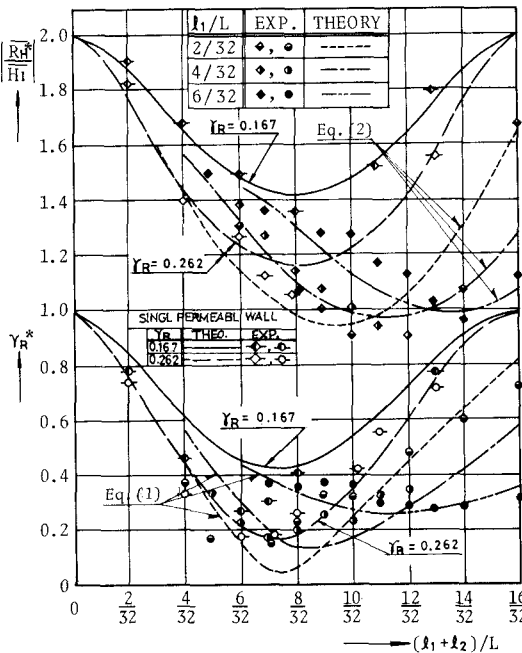


図-4. 計算値と実験値の比較

ℓ/L	ℓ_1/L	ℓ_2/L	Y_{R2}	Y_{R3}	Y_R^*	$ R^* /H$	Y_R	Y_R^*	$ R^* /H$
0.062	0.031	0.031	0.075	0.575	0.668	1.172	0.575	0.668	1.182
0.094	0.063	0.031	0.075	0.475	0.535	1.107	0.475	0.535	1.131
0.125	0.094	0.031	0.125	0.425	0.415	1.049	0.375	0.415	1.114
0.156	0.125	0.031	0.075	0.375	0.303	1.042	0.375	0.303	1.046
0.187	0.156	0.031	0.150	0.350	0.199	1.013	0.350	0.199	1.022
0.219	0.125	0.094	0.075	0.325	0.100	1.005	0.350	0.102	0.977
0.250	0.219	0.031	0.325	0.325	0.003	0.984	0.325	0.019	1.019
double permeable wall									single permeable wall
$\theta_{R2}=\theta_{R3}=0, \theta_{T2}=\theta_{T3}=0$									
ℓ/L	ℓ_1/L	ℓ_2/L	Y_{R2}	Y_{R3}	Y_R^*	$ R^* /H$	Y_R	Y_R^*	$ R^* /H$
0.062	0.031	0.031	0.075	0.450	0.432	1.195	0.525	0.571	1.301
0.094	0.063	0.031	0.075	0.400	0.301	1.121	0.450	0.421	1.187
0.125	0.031	0.094	0.075	0.350	0.185	1.075	0.400	0.292	1.114
0.156	0.031	0.125	0.075	0.325	0.078	1.035	0.375	0.177	1.046
0.187	0.156	0.031	0.275	0.325	0.003	1.030	0.350	0.070	1.022
0.219	0.031	0.188	0.300	0.100	0.001	1.012	0.325	0.040	1.034
0.250	0.062	0.188	0.325	0.075	0.006	0.993	0.325	0.132	1.019
double permeable wall									single permeable wall
$\theta_{R2}=\theta_{R3}=0, \theta_{T2}=\theta_{T3}=-0.196 \text{ rad.}$									
ℓ/L	ℓ_1/L	ℓ_2/L	Y_{R2}	Y_{R3}	Y_R^*	$ R^* /H$	Y_R	Y_R^*	$ R^* /H$
0.062	0.031	0.031	0.075	0.375	0.175	1.186	0.500	0.450	1.357
0.094	0.063	0.031	0.075	0.350	0.056	1.117	0.425	0.290	1.243
0.126	0.063	0.063	0.225	0.300	0.003	1.114	0.375	0.157	1.170
0.157	0.094	0.063	0.400	0.250	0.005	1.078	0.350	0.041	1.102
0.188	0.063	0.125	0.350	0.125	0.010	1.057	0.350	0.069	1.022
0.219	0.156	0.063	0.650	0.275	0.014	0.652	0.325	0.165	1.034
0.250	0.156	0.094	0.550	0.225	0.004	0.701	0.350	0.256	0.963
double permeable wall									single permeable wall
$\theta_{R2}=\theta_{R3}=0, \theta_{T2}=\theta_{T3}=-0.393 \text{ rad.}$									

表-1. 一重壁型と二重壁型の消波特性の差異(計算例)