

複数列設置した潜堤による波浪制御

名古屋工業大学 ○学生員 松野 忠幸

学生員 源川 秀樹

正員 喜岡 渉

1. はじめに

近年、沖合における消波構造物として種々の形式のものが提案されているが、水質保全上や景観上、潜堤は優れた性質を有している。反面、大水深域においては碎波による消波効果を得ることが構造上むづかしく、反射による消波効果も天端上水深が大きくなると著しく低下するなどの問題がある。本研究は、潜堤を複数列配置することによって得られる消波効果を調べるもので、ここでは同一の矩形断面をもつ二つの潜堤を対象とした。

2. 'WIDE-SPACING' 近似による理論解

図-1に示すように、高さ a 、幅 b の矩形断面を持つ二つの潜堤が間隔 ℓ で配置されている場合の反射を考える。水深は一定で h とし、 x の負方向から角周波数 ω の微小振幅波が入射角 θ で入射するものとする。速度ポテンシャル Φ が存在するものとし、次式のように置く。

$$\Phi(x, y, z, t) = \operatorname{Re} \{ \Phi(x, z) e^{ikx \sin \theta y} e^{-i\omega t} \} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 k は波数で $\omega^2/g = k \tanh kh$ を満たす。

このとき、図-1に示した各分割領域における速度ポテンシャル ϕ は z 方向の固有関数系を用いて表わすことができるが、ここでは散乱波成分の潜堤間の干渉による影響を無視できるものとする WIDE-SPACING 近似¹⁾を用いることとする。

すなわち、

$$\phi_1 = \cosh k(h+z) (e^{ik \cos \theta x} + A_0 e^{-ik \cos \theta x}) \quad (x < 0) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\phi_3 = \cosh k(h+z) (B_0 e^{ik \cos \theta x} + C_0 e^{-ik \cos \theta x}) \quad (b < x < b + \ell) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\phi_5 = \cosh k(h+z) D_0 e^{ik \cos \theta x} \quad (x > 2b + \ell) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、高さ a 、幅 b の矩形断面をもつ単一潜堤による反射率と、通過率をそれぞれ $K_R^{(1)}$ 、 $K_T^{(1)}$ とすると、式(2)～(4)より二つの潜堤による反射率 K_R と通過率 K_T はそれぞれ次式で与えられる。

$$K_R = A_0 = K_R^{(1)} e^{ik \cos \theta b} + K_T^{(1)} C_0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$K_T = D_0 = K_T^{(1)} B_0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに、

$$B_0 = K_T^{(1)} / [1 - K_R^{(1)} K_R^{(1)} e^{2ik \cos \theta (b+\ell)}] \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$C_0 = K_R^{(1)} K_T^{(1)} e^{ik \cos \theta (3b+2\ell)} / [1 - K_R^{(1)} K_R^{(1)} e^{2ik \cos \theta (b+\ell)}] \quad \dots\dots\dots (8)$$

3. 計算結果と実験による検討

実験には、名古屋工業大学社会開発工学科の、長さ27m、幅0.6m、高さ1.2mの両面ガラス張りの波浪

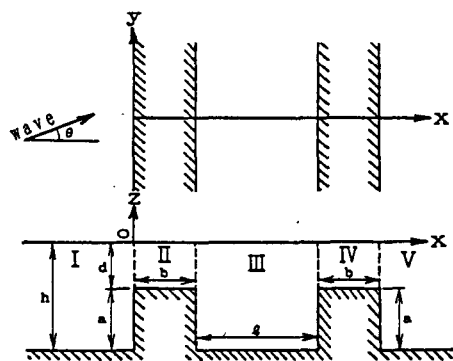


図-1 座標形と記号の定義

水槽を用い、造波板より約15m離して一辺の長さが20cmの正方形断面を有する木製の潜堤を、間隔 ℓ で二つ設置した。水槽後端には消波装置を設けて、波の反射の影響を防いだが、完全に抑制することは困難であり、測定結果には5%程度の誤差が見込まれる。

図-2と図-3はそれぞれ $h/a=1.5$, $b/a=1.0$ での単一潜堤の反射率と間隔 $\ell/a=3.0$ で二列設置したときの反射率を示すもので、図中の実線は著者の一人²⁾が、散乱波成分を含む形で固有値展開法を用い厳密に求めた理論解を示す。なお、図-3において上述の近似解は式(2)~(4)において散乱波成分を含んだ計算結果とグラフ上の差異がない程度に一致している。図-2の結果から単一潜堤の場合、 K_R の最大値はたかだか0.4程度であり、また堤体幅が小さいため砕波も発生しにくいと考えられ、消波効果はあまり期待できない。

同一の潜堤を二列配置した図-3の結果は、 K_R はその最大値において堤体間の干渉によって2倍程度に増加している。図中の白丸は実験結果を示し、潜堤付近(通常、二つの潜堤間)で砕波が観測されたケースについては斜線を入れて区別してある。実験結果は、非砕波のケースでは多少ばらつくものの測定誤差を考えると理論値と良く一致しているといえよう。図-4は、対応する通過率を示し、実験値については、砕波などによるエネルギー損失のため $K_T = (1 - K_R^2)^{1/2}$ となっていない。反射率と比べると、ばらつきが大きく、平均的に見れば実験値の通過率のほうが小さくなっている。

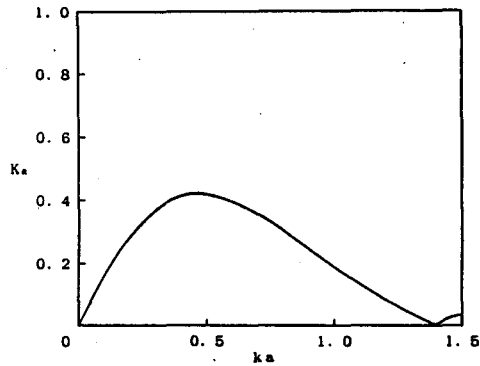


図-2 単一潜堤による反射率 ($h/a=1.5, b/a=1.0$)

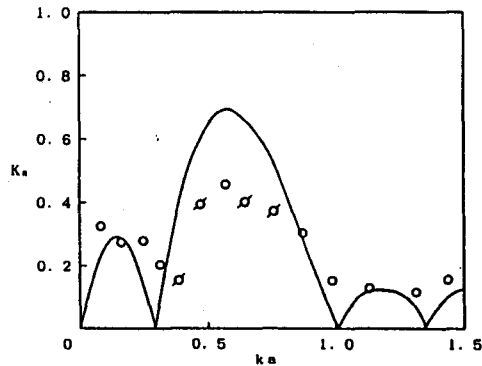


図-3 二列の潜堤による反射率 ($h/a=1.5, b/a=1.0, \ell/a=3.0$)

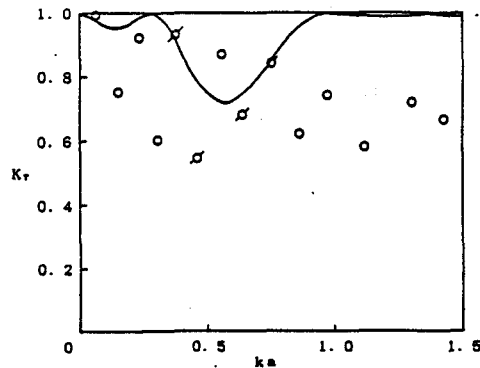


図-4 二列の潜堤による通過率 ($h/a=1.5, b/a=1.0, \ell/a=3.0$)

参考文献

- 1) Strokosz, M.A. and Evans, V.A.: A theory for wave power absorption by two independently oscillating bodies. J. Fluid Mech. Vol 90, PP 337-362, 1979.
- 2) 喜岡 渉: 複数列設置した潜堤による波の反射 (投稿中)