

海岸堤防の前面洗掘量について

大阪大学工学部 正負 榎 本 亨

1. 緒言

著者は本年の土木学会、年次講演会において、空隙率40%を有する消波構造物前面の洗掘深さについて、波の反射率との関連性から検討を加えら。

本研究においては、この構造物前面の洗掘現象を、波の反射の挙動とそれにも与う海岸断面に沿う砂の移動量の变化から考察をすすめて、洗掘深さが最大となる地点及び洗掘深さと、洗掘長さの両方を乘じた洗掘量が、いかなる諸要素に支配されるかを明らかにしていくこととしよう。

2. 堤防前面の砂の移動量の変化と洗掘量の関係

海岸構造物の構築にも与ない波は反射を生じる。この波の反射は一般に前面水深が深い場合でも完全重複波を示さず、部分重複波となり、また礫状底以後の波の反射も Healy 及び岸により部分重複波として取扱われている。本文においても堤防前面の波を部分重複波として取扱うこととする。

岸によると、底面における部分重複波の水粒子の水平方向の速度は(1)式により與えられる。

$$U_b = \frac{gk}{\omega} (a-b) \cdot \text{sech } kh \cdot \sin(\omega t - kx) - \frac{gk}{\omega} (2b) \cdot \text{sech } kh \cdot \cos \omega t \cdot \sin kx \quad \dots\dots (1)$$

こゝに、 a : 入射波高の $1/2$, b : 反射波高の $1/2$, $\omega = 2\pi/T$, $k = 2\pi/L$. x は距離。

(1)式で與えられる U_b と摩擦速度 u_* との間、床流境界内における次式で示される関係式

$$\left(\frac{U_b}{u_*}\right)^2 = \sqrt{\frac{\omega}{\nu}} \cdot A \cdot \frac{\sin^2 \omega t}{\sin(\omega t + \frac{\pi}{4})} \quad A = \frac{H}{z} \cdot \frac{1}{\sinh 2\pi h/L} \quad \dots\dots (2)$$

が成立するものと仮定し、さらに単位時間当りの底面沿う漂砂量 Δq_B とし、Kalinske-Brown 型の河川の流砂量公式が適用できるものとする、 $m=1.5$ として、

$$\Delta q_B = \frac{u_*^4}{\left(\frac{\sigma}{\rho}-1\right)^{1.5} g^{1.5} d^{0.5}} \quad \dots\dots (3)$$

で與えられるものとする。

いま、(3)式で與えられる Δq_B による、漂砂の方向も考慮した一周期の真の漂砂量が、一周期の間の砂の移動量の平均値 $\bar{q}_B$ に比例すると考へる。(2)式中に(1)式を代入し、(3)式を用いると $\bar{q}_B$ は(4)式で與えられる。

$$\bar{q}_B = \frac{1}{\left(\frac{\sigma}{\rho}-1\right)^{1.5} g^{1.5} d^{0.5}} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{\omega}{\nu}} \cdot A}\right)^2 \cdot \left(\frac{gka}{\omega} \cdot \text{sech } kh\right)^2 \cdot f(r, kx) \quad \dots\dots (4)$$

こゝに、 $r = b/a$ (反射率)。

$$f(r, kx) = \frac{1}{2} (1-r)^4 \cos^4 kx - 3(1-r)^2 (1+r)^2 \cos^2 kx \cdot \sin^2 kx - \frac{1}{2} (1+r)^4 \sin^4 kx \\ - 2(1-r)^3 (1+r) \cos^3 kx \cdot \sin kx + 6(1-r)(1+r)^3 \cos kx \cdot \sin^3 kx$$

-オ、=次元の砂の移動に関する連続式は、

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial \delta b}{\partial x} = 0 \quad \text{or.} \quad z - z_0 = -\frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial}{\partial x} \int_T \delta b dt \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに λ は空隙率を示す。

$\lambda \approx 1$ 定とし、次に求むべき移動漂砂量の平均値を考へると、 $z - z_0 \propto \frac{\partial}{\partial x} (\delta b) \cdot T$ とする。
したがって、最大洗掘量を $h_0 \times l_1$ (h_0 : 最大洗掘深さ、 l_1 : 洗掘される巾) とすると、

$$\delta b \propto \frac{h_0 \cdot l_1}{T} \quad \dots\dots\dots (6)$$

(4)式と(6)式より洗掘量は次式であらわされる。

$$\frac{h_0}{H} \frac{l_1}{L} \propto \frac{C}{\sqrt{g d}} \cdot \left(\frac{C^2}{g H} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{d}{P} - 1 \right)^{-1.5} \frac{T U}{H^2} \cdot \tanh^2(kh) \operatorname{sech}^2(kh) \cdot f(r, kx) \quad \dots\dots\dots (7)$$

(7)式中の kx の代表値として、いま最大洗掘地奥の kx_m を選ぶこととすると、この kx_m は δb の距離の変化にともなう割合が最大の場合と考えられるので、 kx_m は $\frac{\partial^2 \delta b}{\partial x^2} = 0$ を満足するはずである。したがって(4)式より、

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{2}(1-r)^2 \cos^2 kx_m (1-4\sin^2 kx_m) - \frac{3}{2}(1-r)^2 (Hr)^2 \\ & (1-8\sin^2 kx_m \cos^2 kx_m) - \frac{1}{2}(Hr)^2 \sin^2 kx_m \\ & (4\cos^2 kx_m - 1) - (1-r)^2 (Hr) \sin kx_m \cos kx_m \\ & (3-8\cos^2 kx_m) + 6(1-r)(Hr)^2 \sin kx_m \cos kx_m \\ & (3-4\sin^2 kx_m) = 0 \quad \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

(8)式より、最大洗掘地奥 kx_m は、反射率の関数となることがわかったであろう。

図-1は著者の実験値より、 kx_m と反射率との関係を求めたもので、実験値のばらつきは大きいがある相関性があることがわかつてゐる。

このことから(7)式の kx の代表値として kx_m を選ぶと、(7)式の $f(r, kx)$ は r のみの関数であらわされる。

(7)式で示す洗掘量と r の関係を求めたのが図-2であつて比較的実験ケースのこゝろなる値がうまくまとめてプロットされる。

3 結論

以上 従来次元解析によつてのみあらわされてきた洗掘規模を砂の移動量の変化から考察した。今後さらに洗掘機構に検討を加えていくつもりである。

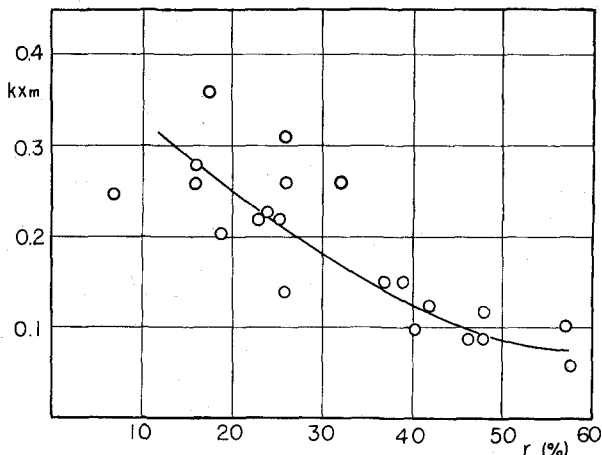


図-1 最大洗掘地奥と反射率の関係

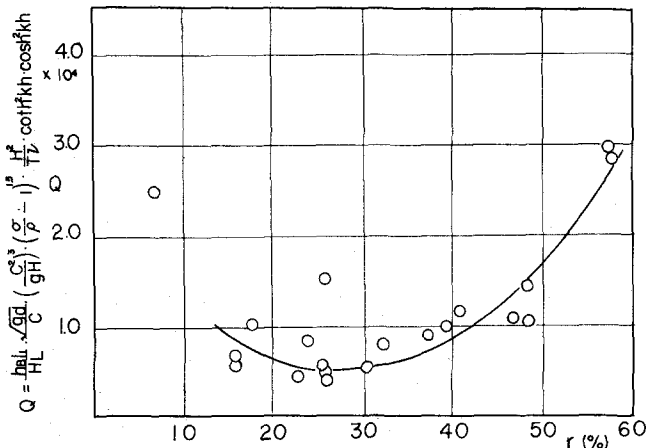


図-2 洗掘量と反射率の関係