

護岸前面における沿岸漂砂の実態について

大阪大学工学部 正員 榎木 亨

大阪大学工学部 正員 出口 一郎

1.はじめに：近年 one-line-theory に基づく汀線変動予測法が社会的に認知されるようになってきた。しかし、たとえば大阪湾においてはその海岸線のほとんどが護岸等の何らかの構造物で護られており、従来の one-line-theory による解析の対象となっている自然海岸はほとんど存在しないと言っても過言ではない。したがってこのような領域を含む海岸の汀線（あるいは等深線）変動に対して one-line-theory を適用して変動予測するためには護岸が岸沖方向に積分された全沿岸漂砂量にいかなる影響を与えるかということを明らかにしなければならない。著者らは移動床平面実験を行ない、得られた結果に基づいて護岸前面での沿岸漂砂量の定式化を試みたが、ここでは堆積性の波浪が護岸に斜め入射する場合の沿岸漂砂量に関する実験結果と予測結果について報告する。

2.護岸前面の沿岸漂砂量測定に関する実験：実験は長さ 20m、幅 10m、高さ 0.6m の平面水槽内に作成した水深 25cm 以浅は $1/10$ 、それ以深は $1/20$ の海底勾配をもつ模型海浜（中央粒径 $d_{50}=0.5\text{mm}$ の川砂で作成）に一樣水深部（45cm）での入射角が 30° となる堆積性の波浪（沖波波高 $H_0=6\text{cm}$ 、周期 $T=1.28\text{秒}$ ）を入射させて行なった。模型護岸の法面勾配 α は 90° 及び 20° とし、それらを汀線及び汀線と碎波点の中間に設置した計 4 ケースと護岸を設置していない自然海浜の合計 5 ケースである。

全沿岸漂砂量 Q_y の算定は各ケースについて初期海浜、造波開始 5 分、15 分及び 30 分後において汀線方向 1m、岸沖方向 2.5cm 間隔で測定した水深から地形変化量を求め、それから漂砂移動連続方程式に基づいて計算した。また、波高は造波開始 30 分後に汀線方向に 2m 間隔に設けた計 4 測線において岸沖方向 10cm 間隔に測定し、同時にトレーサーを 16mm シネカメラで撮影することによって沿岸流及び波向の測定を行なった。

3.護岸前面の沿岸流及び沿岸漂砂に対する解析：任意の海底地形をもつ海岸あるいは構造物周辺において生ずる海浜流は、波浪変形の様子さえ予知できればその結果を用いて計算される Radiation 及び適当に表現された底部せん断力と水平混合項を水深方向及び時間で平均された $N-S$ 方程式と連続方程式に用いることによってほぼ十分な精度で予測することができる。本研究においても護岸前面の沿岸流に対して従来の計算方法を採用したが、護岸前面で入反射が共存する場の Radiation 応力 S_{xx} , S_{xy} , S_{yy} に対しては両者の位相関係が考慮できるように次式を用いている。

$$\left. \begin{aligned} S_{xx} &= \rho g [(1+2\cos^2\theta_i)(a_i^2+a_r^2) - 2(1-2\cos^2\theta_i)a_i a_r \cos\{-2k(\cos\theta_i)x + 2k(\sin\theta_i)y + \delta\}] / 4 \\ S_{xy} &= \rho g [(a_i^2 - a_r^2) \cos\theta_i \sin\theta_i] / 2 \\ S_{yy} &= \rho g [(1+2\sin^2\theta_i)(a_i^2+a_r^2) - 2(1-2\sin^2\theta_i)a_i a_r \cos\{-2k(\cos\theta_i)x + 2k(\sin\theta_i)y + \delta\}] / 4 \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに ρg ：水の単位体積重量、 $k = 2\pi/L$ (L ：波長) で a_i , a_r は入・反射波の振幅、 θ_i , θ_r は

図1で定義される入射波向であり、汀線方向にy軸、y軸に直角沖方向にx軸をとった座標系で考えている。さらに δ は護岸水際線にx軸原点をとった場合の入射波の位相差である。なお、(1)式は $Q_i + Q_r = 3\pi$ という関係を用いて Q_r を消去してある。また波と流れによる合成底部せん断力 τ_c に対しては、重複波による水粒子速度の振幅 $\hat{u}_c$ 及び摩擦係数 f を用いて $\tau_c = \rho f \{ (2/\pi) \hat{u}_c^2 + (U^2 + V^2)/4 \}$ から計算した。一方、波浪変形計算は波と流れの干渉を考慮した格子点法によって行ない、Micheの碎波条件で判定される碎波点以浅においては、Battjesによって提案されているエネルギー逸散を付加している。つぎに局所沿岸漂砂量 i_y (immersed weight transport rate) は本実験のように掃流漂砂が卓越する場合はpower modelによると E_b を効率として $i_y = E_b \tau_{cy} V$ と表わすことができる。ここに τ_{cy} は τ_c のy方向成分である。したがって、体積で表現した全沿岸漂砂量 Q_y は

$$Q_y = \int i_y dx / \{ \rho g (\sigma_s - 1) (1 - \lambda) \} = K \int \tau_{cy} \cdot V dx \quad (2)$$

から計算される。ここに σ_s , λ は底質の比重及び空隙率で

$$K = E_b / \{ \rho g (\sigma_s - 1) (1 - \lambda) \}$$

である。

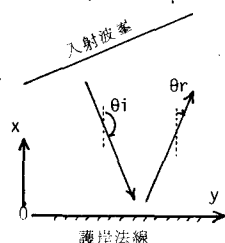


図 1

以上で述べた方法で計算した沿岸流流速の岸沖方向分布の例(鉛直護岸及び自然海浜)を図2に示してある。ただし、(1)式中の Q_i は自然海浜における波浪変形計算結果を用い、護岸を設置した場合の Q_r に対しては、碎波点より沖側でHealyの方法で測定された反射率をもつ反射波が護岸前面から変形せず反射していくものとして計算を行なった。これらの計算結果は護岸前面の局所的な領域を除けば比較的よく実測された流速を再現している。図3は図2に示す沿岸流速に対して計算される $\tau_{cy} \cdot V$ の岸沖方向分布を示したものである。

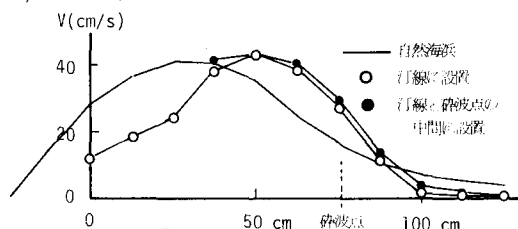


図 2

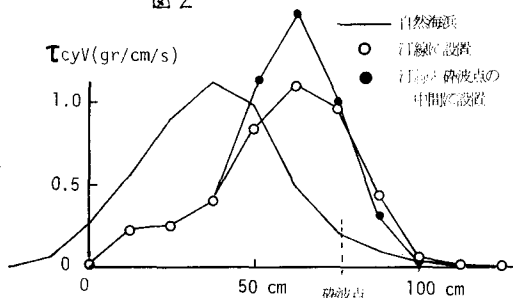


図 3

また、図4(a)には護岸を設置した場合の実験結果から求まる Q_y の最大値 $Q_{y\max}$ と自然海浜における最大値 Q_{y0} の比 $Q_{y\max}/Q_{y0}$ を、図4(b)には計算から求まる $\tau_{cy} \cdot V$ (図3に例を示す)を(2)式に用いて計算した $Q_{y\max}/Q_{y0}$ を示してある。まず図4(a)より明らかなように、汀線と碎波点の中間より浅い領域に設置された護岸前面においては自然海浜と同程度の沿岸漂砂移動が生ずることがわかる。また Q_y の推定法については図4(a)(b)を比較することにより今回行なった計算によって十分に求められることがわかる。

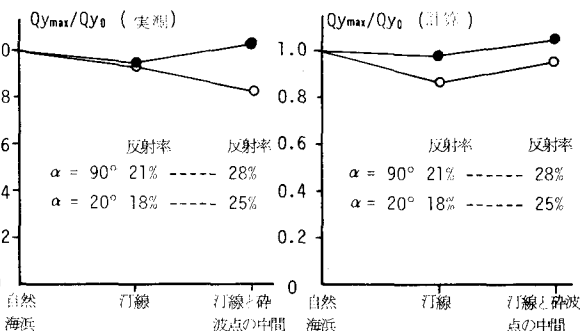


図 4 (a)

図 4 (b)