

1次元モデルに基づく海岸変形の数値計算法

愛媛大学工学部 正員 山口 正 隆
 京都大学防災研究所 正員 土屋 義 人
 愛媛大学大学院 学生員 〇大 津 正 司

1. まえがき：わが国では、海岸侵食の防止対策として突堤や離岸堤をはじめとする各種の海岸構造物が築造されてきたが、これらの構造物の堆砂特性およびその機構が必ずしも明確でないため、十分な効果を発揮してきたとはいえないようである。そこで、本研究では突堤および離岸堤を対象として一般地形に適用可能な波浪変形計算プログラムおよび1次元モデルに基づく海岸変形計算プログラムを開発し、詳細な数値計算結果の検討から海岸変形に及ぼす波および構造物特性の影響を明らかにしようとするものである。

2. 数値計算法：海岸変形を計算するためには、通常碎波点における波浪の沿岸方向エネルギーフラックスと直接結びつけた沿岸漂砂量式を用いるので、まず碎波点における波特性を明らかにしなければならない。そこで、一様水深部での波特性を初期条件として、MunkおよびArthurによる波向線方程式および波向線間隔方程式とそれぞれ数値積分して波向線の位置、方向および屈折係数を求めたのち、shoaling、海底摩擦、回折および反射などを各time stepごとに考慮することにより波向線上での波高を算出した。この場合海底摩擦は Bretannickler-Reissによる波高減衰式、一方回折は一様水深上に設置された半無限堤に対する Sommerfeld の解によってそれぞれ評価した。以上のような要因によって波浪は変形し、ついに碎波するが、今回の計算では碎波限界として最も表示の簡単な孤立波理論による碎波条件を用いた。また、回折領域では突堤先端や離岸堤端からの回折波に対しても同様の計算を行った。なお、これらの数値計算は基本的には、WorthingtonおよびHerrich のプログラムに基づいたが、つぎのような修正を行った。i) 海底摩擦による波高減衰は、1 time step内の伝播距離とその間の平均水深および沖側の波高を用いて算出する。 ii) Worthingtonらのプログラムでは、回折領域の設定が適切でないため、回折波を計算できない領域が存在するので、判定条件を変更することによりこの欠陥を改良する。 iii) 勾配より1メッシュ内での波速とその微係数を周囲のメッシュ点の値から内挿計算により求めた場合、その推定精度が低下するので、長波の波速を用いて水深およびその微係数に関する表示式に変換し、水深に対する内挿計算からこれを推定した。 iv) 碎波限界上下2点での波高比から碎波条件を満たす波向線の先端位置を線型内挿により求めて碎波点としたのち、碎波点における波高および波向などの波特性を同様に線型内挿する。つぎに碎波特性を座標順にならべかえて、各メッシュ点での碎波特性を線型内挿する。 v) 波向線が到達しない領域での碎波特性は、構造物の影響の最も少ない地点での値を用いる。また、回折領域内の突堤根元で

は、波高を0とする。 つぎに、全漂砂帯にわたる沿岸方向の漂砂の連続式と、Savage 型の漂砂量公式を Priceによって提案された leap frog 法を用いて差分化し、突堤の場合には、 $t=0$ で $y_0=0$ 、 $x=0$ で $Q=0$ および $x \rightarrow \infty$ で $y_0=0$ の初期境界条件のもとで、一斉、離岸堤の場合には $t=0$ で $y_0=0$ 、 $x \rightarrow \infty$ で $y_0=0$ の条件のもとで、それぞれ海岸変形量 y_0 を求めた。なお、離岸堤の場合の沿岸漂砂量は、離岸堤左端を半無限堤端とする波浪変形計算より各メッシュ点での沿岸漂砂量を算出したのち、離岸堤右端に対しても同様の計算を行い、最後に両者の場合の沿岸漂砂量を線型的に加えることによって求めた。

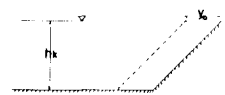


図-1

3. 計算結果および考察：海岸変形の基本特性を一般的に明らかにするためには、海岸変形に影響を及ぼすパラメーターを無次元表示する必要がある。いま入射波の特性は定常と仮定し、これらのパラメーターとして、 y_0 , x , t , h_e , h_w , L_0 , H_0 , Q_0 , i , θ_0 , ΔT , Cr および f を選ぶならば、無次元海岸変形量 y_0/h_e は、

$$\frac{y_0}{h_e} = F\left(\frac{x}{h_e}, \frac{Q_0}{h_e^3}, \frac{h_e}{L_0}, \frac{h_e}{H_0}, \frac{h_w}{h_e}, \frac{Q_0 \Delta T}{h_e^4}, i, \theta_0, Cr, f\right)$$

で表わされる。ここに、 h_e : 漂砂の限界水深、 H_0 : 入射波の波高、 L_0 : 入射波の波長、 h_w : 突堤先端水深、 i : 海底勾配、 θ_0 : 入射波の入射角、 Q_0 : 相当漂砂量、 ΔT : 波浪の変形計算をくりかえし行う場合の時間間隔、 C_r : 反射率 および μ : 海底摩擦係数、であり、また $\text{Suffix } 0$ は、図-1 における一樣水深部での値を示す。図-2 ~ 図-7 は $h_w/H_0 = 10$ 、 $h_e/L_0 = 0.141$ および $C_r = 0.5$ の場合に、無次元海浜変形量 y_e/h_e に及ぼす海底勾配、波の入射角、突堤水深、波浪の変形計算の時間間隔、波浪の継続時間 および海底摩擦係数の影響を示したものであって、これらの図からつぎのことがわかる。

1) 入射波領域 (図中の突堤左側領域) の海浜変形特性は海底勾配および突堤水深によってあまり変化しない。これは入射波領域における沿岸漂砂量分布がこれらのパラメーターによってそれほど変化しないためである。しかし、回折波領域 (図中の突堤右側領域) では、漂砂量分布に変化が現われるために、海浜変形形状もそれぞれのパラメーターによりかなり異なる。2) 海底勾配が緩やかで突堤水深が大きいほど、回折領域側の突堤根元における海岸線の後退量は小さい。また、海浜変形形状はより U 字型になることも、最大の後退量が発生する位置は突堤より離れるが、その絶対値は減少する。3) 波の入射角は沿岸漂砂量に直接関係するので、海浜変形量は当然波の入射角によって大いに変化する。また、 $\theta_0 = 45^\circ$ の場合、海浜形状は回折領域で U 字型になる。4) $Q_0 \Delta T / h_e^3 \leq 40$ では、海浜形状は波浪の変形計算の時間間隔の影響とはほとんど受けない。すなわち、ひんぱんに波浪の変形計算を繰り返しても海浜変形量はそれほど変化しない。また、波浪の変形計算を繰り返し行くと、入射波領域での海浜変形はより突堤近傍に集中する。一方、回折領域での海浜形状は U 字型になる。5) 時間の経過とともに、海浜変形

は進行するが、その増加率は減少する。これは常に領域両端で一定の漂砂量が飛出し、突堤で阻止される条件から考えらる当然である。6) 海浜変形形状は海底摩擦係数によりあまり変化しないが、海底勾配の緩やかな場合、海浜変形量は海底摩擦係数の増大とともに著しく減少する。これは、海底摩擦の影響により碎波高および沿岸漂砂量が分布状態をあまり変えないで減少するためである。なお、このほか突堤の反射率は海浜変形特性にほとんど影響しないことがわかった。

4. むすび: 以上紙数の関係で、計算結果は突堤の場合に限られたので、離岸堤の場合の計算結果は講演時に述べることにする。本研究は文部省科学研究費試験研究および自然災害特別研究による研究成果の一部であることを付記する。

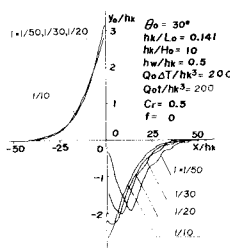


図-2

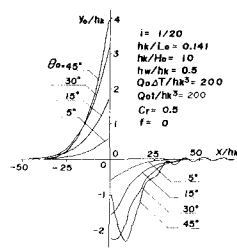


図-3

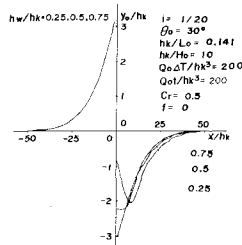


図-4

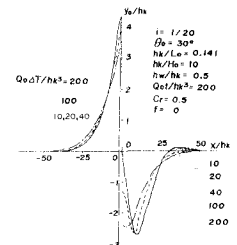


図-5

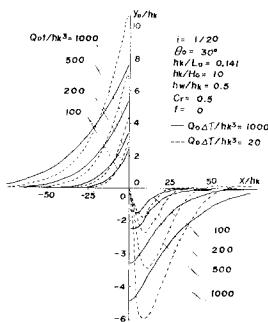


図-6

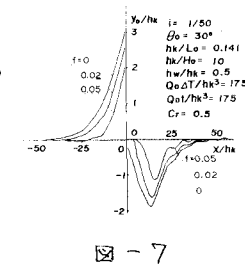


図-7