

分散性を考慮した潜堤周辺の波浪変形

愛媛大学工学部 正 員 伊 福 誠
愛媛大学大学院 学生員○中西まゆみ
(株) ウエスコ 坂本道彦

1.はじめに

波の変形を正確に予測するためには、波の非線形性だけでなく分散性(水面の曲率)を考慮する必要がある。このことから、それらを考慮する様々な数値モデルが開発されている(1993)。大山・喜岡ら(1993)および大山・灘岡(1991)は潜堤通過後の波形の分裂を再現し、そのメカニズムを検討している。また、佐藤ら(1993)は、離岸堤周辺の平面的な地形変化を再現している。

本研究は、波の分散性を考慮した潜堤周辺の波浪変化と地形変化を数値解析的に調べようとするものである。

2.波浪変形

2.1 基礎方程式

静水面を x 軸, x 軸と直角方向に y 軸をとると、連続の式は

$$\eta_t + (u\tilde{h})_x + (v\tilde{h})_y = 0 \tag{1}$$

と表せる。ここに、 η は水面変動量、 u, v は x, y 方向の流速成分、 $\tilde{h}$ は全水深($\tilde{h} = h + \eta$; h : 静水深)である。なお、添字の x, y と t は、それぞれ場所と時間に関する微分を意味する。

また、運動方程式は

$$\begin{aligned} u_t + uu_x + vv_x + g\eta_x + gS_x + D_{Bx} - L_x - A_x &= 0 \\ v_t + uv_x + vv_y + g\eta_y + gS_y + D_{By} - L_y - A_y &= 0 \end{aligned} \tag{2}$$

と表せる。ここに、 g は重力加速度である。 S_x, S_y は摩擦勾配であり、Manningの抵抗則が成立するものとする。 D_{Bx}, D_{By} は砕波減衰率であり、渡辺・丸山(1984)の方法を準用する。 L_x, L_y は連続式から生ずる非線形項、 A_x, A_y は分散項であり、それぞれ表1と表2に示す通りである。case 0~3は、基礎方程式を導出する際に設けた仮定によって分類したものである(表3参照)。また、導出の際には空間と時間あるいは空間と空間の微係数の積を無視した。

解析には特性曲線法を用いる。

2.2 初期条件および境界条件

波のない状態を初期条件とする。沖側の境界ではポテンシャル理論から求めた水面変動量を与える。また、側方の境界条件は著者の一人(1993)の方法に従う。さらに、岸側の境界は移動境界条件とする。

表1 分散項
($M = u\tilde{h}, N = v\tilde{h}$)

	A_x	A_y
case 0	0	0
case 1	$\tilde{h}(M_{xxt} + N_{xyt})/3$	$\tilde{h}(M_{xyt} + N_{yyt})/3$
case 2,3	$\tilde{h}(M_{xxt} + N_{xyt})/3$ $+M(M_{xxx} + N_{xxy})/3$ $+N(M_{xxy} + N_{yyy})/3$	$\tilde{h}(M_{xyt} + N_{yyt})/3$ $+M(M_{xxy} + N_{xyy})/3$ $+N(M_{xyy} + N_{yyy})/3$

表2 連続式から生ずる非線形項

	L_x	L_y
case 0,1,2	0	0
case 3	$(u\mp c)(u_s\eta_x + v_s\eta_y)$	$(v\mp c)(u_s\eta_x + v_s\eta_y)$

表3 解析対象とする方程式

	連続式の移流項なし		あり
	分散項あり		
分散項なし	なし	z 方向の運動方程式の移流項あり	
case 0	case 1	case 2	case 3

2.3 解析結果

図1に示す海浜を対象とする。潜堤の天端水深 h_s は1.5 m、天端の x 方向の幅 B と y 方向の幅 W は、それぞれ20 mと100 m、開口幅 l は72 mとする。初期波は、波高1 m、周期8 sのStokes波とする。空間きざみ $\Delta x, \Delta y$ は2 m、時間きざみ Δt は0.2 sとする。また、Manningの粗度係数は $0.04 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ とし、砕波減衰率を評価する際の正の係数 α_D と γ' は、それぞれ2.5と0.25とする。

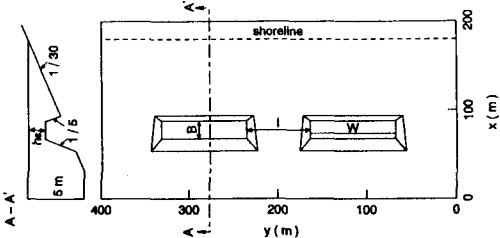


図1 海浜形状

図2は、潜堤中央断面の $x = 98 \text{ m}$ の測点における $t/T = 8 \sim 10$ 間の case 3および2と case 1の水面変動量の時間波形を比較したものであ

り、図中の実線および点線は、それぞれ case 2 および 3 と case 1 を示す。図中の $\tilde{\eta}$ は η を H で無次元化したものである。case 1 と 2 の波形は同様であるのに対して、case 3 は峯が尖り、谷が平坦である。これは、case 3 の非線形性が最も強いためと考える。また、case 1 や 2 と比較して case 3 の正の振幅はやや大きく、負の振幅は小さい。これは、case 3 の圧力分布が case 1 や 2 とはかなり異なるためと考える。なお、case 1, 2 および 3 の波形は、分散性を考慮しない case 0 と比較して丸みを帯び、振幅は小さい。

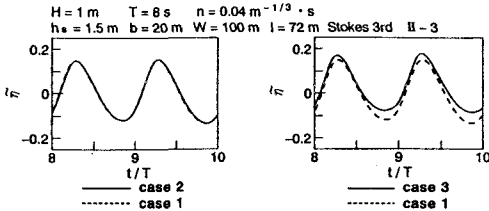


図2 水面変動量の時間波形

図3は、case 3 と case 0 の波高の平面分布を比較したものであり、図の右側半分および左側半分は、それぞれ case 3 および 0 を示す。case 3 の $H/H_i = 0.6$ 以上の領域は case 0 より沖側に移動し、 $H/H_i = 1$ 以上の領域は現れない。このことは、case 3 の波高は潜堤の沖側で減衰して重複波が生じないことを示す。また、潜堤岸側法肩の両側から岸側に伸びる舌状の領域は、case 3 が case 0 より短く、そのうち側方境界側のものは他方と比べて岸側に伸びる。これは、case 3 のその領域における岸向き流れの存在に起因すると考える。さらに、潜堤よりも岸側の波高はほぼ等しい。なお、case 1 や 2 と比較すると、case 3 の舌状の領域は最も小さい。これは、周辺領域での岸向き流れの減少と強い沖向き流れの発生に起因すると考える。

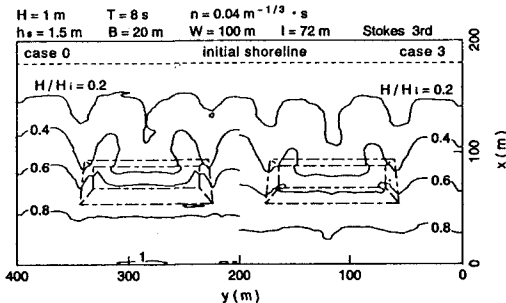


図3 波高の平面分布

3. 海浜変形

3.1 漂砂量式

漂砂量式は、著者の一人(1991)が準定常状態のもとで求めた渡辺ら(1984)の式を修正し、非定常のもとでも取り扱えるようにした式を用いる。

3.2 漂砂の連続式

底勾配の効果を考慮した2次元の漂砂の連続式を用いる。

3.3 初期条件および境界条件

初期条件は、局所的底面高さが基準面から海底までの高さに等しいとする。また、沖側および側方境界では、岸沖方向の漂砂量は線形に変化するとする。さらに、岸側では任意の時刻の最大遡上位置における漂砂量は0とする。

3.4 解析結果

図4は、case 3 と case 0 の $x = 24 \sim 140$ m の範囲の地形変化を比較したものであり、図の右側半分および左側半分は、それぞれ case 3 および 0 を示す。潜堤の沖側の地形変化は同様であるのに対して、潜堤の岸側における地形変化は case 3 が case 0 よりも小さい。これは、case 3 ではこの領域において沖に向かう流速が小さく、岸向き流れも生じるためと考える。また、潜堤岸側堤脚部の両端から岸側に向かって角状に伸びる堆積領域は、case 3 では側方境界側のものが他方よりも岸へと伸びる。これは、case 3 のその領域における岸向き流れが砂を岸側に輸送するためと考える。さらに、case 3 の最大堆積量は約 24 cm であり、case 0 の 80% 程度である。なお、case 3 の侵食・堆積領域の分布は、case 1 や 2 と似た傾向を示すものの、その量は最も小さい。一方、汀線近傍における地形変化は 5 cm 程度である。

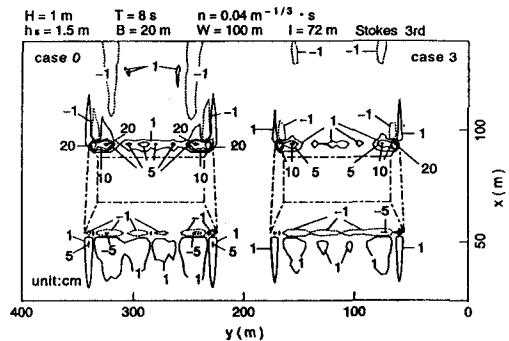


図4 地形変化の平面分布(潜堤近傍)