

遡上波先端部の浸透・滲出流が前浜の限界高さに及ぼす影響

Influence of Infiltration-Exfiltration at Tip of Runup Waves on Critical Level of Beach Erosion

函館工業高等専門学校 ○学生員 佐山翔平 (SHOHEI sayama)
函館工業高等専門学校 正員 宮武 誠 (MAKOTO miyatake)

1. はじめに

近年、日本の様々な地域で汀線後退や前浜勾配の急峻化といった海岸侵食問題が生じている。海浜保全対策を講ずるにあたり、侵食現象の特性の解明は重要な課題である。波打ち帯の漂砂運動は、砕波帯に次いで活発であることが既往の研究¹⁾によって報告されている。その要因の1つとして、波の遡上・引き波により交替的に発生する地下水の浸透・滲出流が大きく影響していることが知られている²⁾。特に、遡上波先端部で発生する掃流砂量は大きく、波打ち帯の漂砂輸送やそれに伴う侵食・堆積過程に大きく影響していると考えられる。

本研究は、波打ち帯の漂砂量則の構築に向け、既往の海浜変形実験の結果を用いて、遡上波先端部に着目した遡上・流下運動及び、それに伴う地下水の浸透・滲出流に関する波打ち帯の水理モデルを構築する。また、それらに基づき推定した遡上波先端部における遡上波流束及び地下水の浸透・滲出流束が前浜侵食の限界高さに及ぼす影響を検討するものである。

2. 侵食性から堆積性に移行する海浜変形実験

2.1 実験方法の概要

本研究で対象とする既往の海浜変形実験³⁾は、スネーク型ピストン造波機を有する3次元水槽内に斜面勾配1/10の砂浜模型を作成して行っている。砂浜模型の底質材料は中央粒径 $d_{50}=0.1\text{mm}$ 、比重 $s=2.68$ の珪砂を用い、同砂の飽和透水係数は $K=1.44\times 10^{-2}\text{cm/s}$ である。沖側から発生させた入射波は、表-1に示す波形勾配を順次低下させた9種類の規則波であり、定数Cによって侵食性から堆積性に移行するように設定されている。波作用時間は、各ケースで海浜変形が定常状態に達する4時間としている。測定項目は、斜面上の水位変動、砂層内の地下水位変動、遡上波先端水位、縦断地形変化である。

2.2 波打ち帯の海浜変形過程に及ぼす前浜地下水位の影響

図-1は代表的なRun-1,4,9の3ケースにおける縦断地形変化及び地下水位、斜面上の平均水位を示したものである。海浜変形過程に関わる地下水位の影響を考察するため、同図は漂砂活動が活発な実験開始20分経過後の値をプロットする。縦断地形変化は、入射波の波形勾配を段階的に減少させた結果、侵食性海浜から堆積性海浜へ移行している。砂層内の地下水位に着目すると、侵食性海浜であるRun-1,4は、後浜から前浜に向かって高く分布しており、この上昇量に応じて前浜侵食が始まる限

表-1 入射波条件

実験名	波高 $H_0(\text{cm})$	周期 $T(\text{sec})$	波形勾配 H_0/L_0	実験終了時 汀線の状況	砂州の有・無	バームの有・無	定数Cによる 汀線の評価
Run-1	11.0	1	0.071	後退	あり	なし	後退
Run-2	11.0	1.2	0.049	後退	あり	なし	後退
Run-3	11.0	1.4	0.036	後退	あり	なし	後退
Run-4	11.0	1.6	0.028	後退	あり	なし	後退
Run-5	11.0	1.8	0.022	後退	なし	なし	後退
Run-6	5.5	1.8	0.018	後退	あり	あり	後退又は前進
Run-7	5.5	1.4	0.011	後退	なし	あり	後退又は前進
Run-8	5.5	1.8	0.0056	前進	なし	あり	後退又は前進
Run-9	5.5	2.5	0.0022	前進	なし	あり	後退又は前進

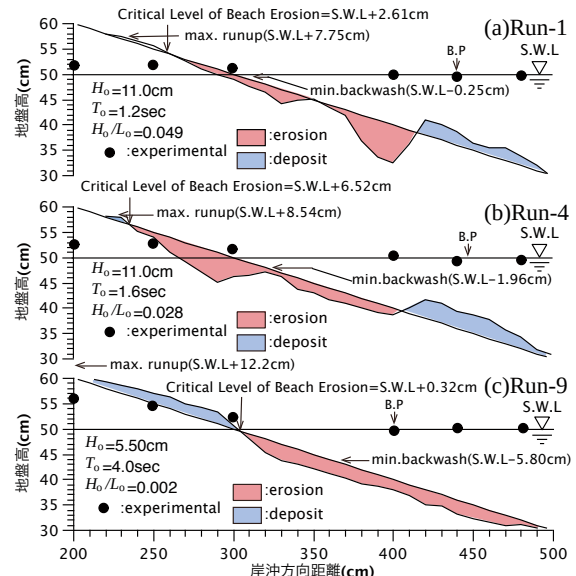


図-1 実験開始20分後の縦断地形変化図及び地下水位変化

界高さは後浜の更に高い位置に及び、波打ち帯の洗掘が進行する。これに対し、堆積性海浜であるRun-9の場合では、地下水位は後浜側で高く分布している。これは後浜の不飽和砂層に、より多くの浸透水が貯留した結果、後浜側には大きなバームが形成され、前浜侵食の限界高さはほぼ静水時汀線となる。

このように、前浜域で生じる地下水位変動及びそれに伴う浸透・滲出流は、波打ち帯の海浜変形過程に重要な役割を果たしていると考えられる。

3. 遡上波先端流束と地下水の浸透・滲出流束の推定

波打ち帯の漂砂のうち、漂砂移動が最も多いと考えられる遡上波先端部における斜面方向の遡上波先端流束及び、それに伴い砂層表面で発生する斜面垂直方向の地下水の浸透・滲出流束を、前出の海浜変形実験で得た遡上波先端水位及び地下水位の時系列データを用いて推定する。両流束の算定にはエネルギー法を適用する。図-2

は波打ち帯の遡上波先端部の水理モデルの概要図を示す。 N 波目の入射波が遡上する図中 C 点、入射波が遡上波最大到達点に達した図中 A 点における静水位から遡上波先端までの高さを、それぞれ η_N , η_{Nmax} とすると、以下のエネルギー平衡式を得る³⁾。

$$\frac{u_w}{2} + g\eta_N = g\eta_{Nmax} \quad (1)$$

ここに、 u_w は遡上波先端流束、 g は重力加速度を示す。 u_w は遡上波エネルギーの消長が地下水の浸透・滲出によって生じるものとして、以下のように取り扱う。

$$u_w = \begin{cases} u_{0r} + w_r \cdots uprush \\ u_{0b} + w_b \cdots backwash \end{cases} \quad (2)$$

ここに、 u_0 は砂浜斜面を不透過と考えた場合の遡上波先端流束、 w は遡上波先端部で生じる地下水の浸透・滲出流束を示す。下添字の r 及び b は遡上時、引き波時であることを示し、それぞれの符号を表-2 に示す。

地下水の浸透・滲出流束は、斜面上の地下水位(図中 D 点)より上部の砂層を不飽和部、下部を飽和部とすれば、以下の連続式によって得られる。

$$w = -S_y(\psi_N) \frac{\partial \psi_N}{\partial t} \quad (3)$$

ここに、 $S_y(\psi_N)$ は砂層内外に浸透・滲出する割合を表す比浸出量³⁾、 ψ_N は斜面上の地下水位から遡上波先端までの高さを表す毛管水頭である。

4. 遡上波先端流束及び地下水の浸透・滲出流束が波打ち帯における海浜変形に及ぼす影響

図-3 は Run-1,4,9 における遡上波先端流束の正味量と遡上高との関係を示す。図中の流束は岸向きを正としている。各ケースにおいて遡上時と引き波時に生じる遡上波先端流束は同程度となり、両者の正味量は小さくなる。一方、図-4 は Run-1,4,9 における遡上波先端部の地下水の浸透・滲出流束の正味量と遡上高との関係を示す。同図中の斜線でハッチングした領域は滲出流束によって、砂層が不安定になる領域を示す³⁾。図-1 において波打ち帯の洗掘が進行する Run-4 では遡上波最大到達点において浸透側に卓越していた地下水の正味流束は、遡上高の減少にともない滲出側に転じ、洗掘深が大きくなる汀線付近で最大となる。また、滲出流によって砂層が不安定となる高さは、前浜侵食が始まる限界の高さにほぼ一

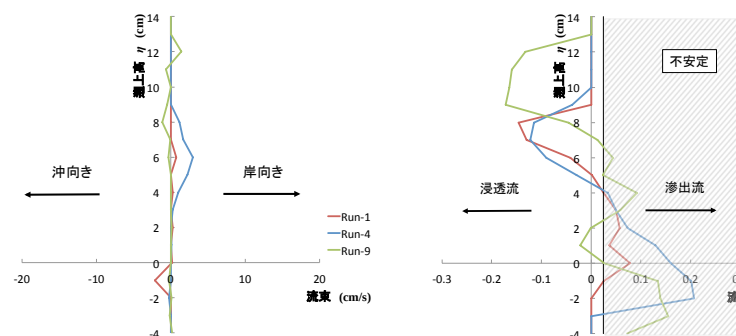


図-3 遡上波先端流束の正味量

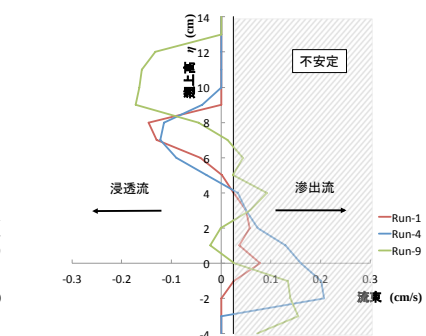


図-4 地下水の浸透・滲出流束の正味量

致する。一方、堆積性海浜である Run-9 では、静水時汀線上部領域の一部において滲出流束により砂層が不安定な状態となるが、地下水流束の正味量は、概ね浸透側に卓越しており、結果として静水時汀線より上部ではバームが形成されたものと考えられる。以上の結果、遡上波先端部で生じる地下水の正味流束分布は波打ち帯の侵食・堆積過程の傾向とほぼ一致する。図-5 は Run-1 から Run-10 における前浜侵食の限界高と滲出流による不安定限界高の関係を示す。全てのケースにおいて前浜侵食の始まる限界は、砂層の不安定限界高の±1.5cm 以内で発生しており、前浜侵食は、遡上波先端部における地下水の滲出流束により砂層が不安定となる高さから概ね始まるものと考えられる。

5. 結論

本研究で得られた結論を要約すると、以下の通りである。

- (1) 遡上波先端部で生じる地下水の正味流束分布は波打ち帯の侵食・堆積過程の傾向とほぼ一致する。
- (2) 前浜侵食は、遡上波先端部における地下水の滲出流束により砂層が不安定となる高さから始まるものと考えられる。

参考文献

- 1) Bodge, K.R. and R.G. Dean : Short-term impoundment of longshore transport, Coastal Sediments '87, pp. 468-483, 1987.
- 2) Turner, I.L. and Masselink, G.: Swash infiltration-exfiltration and sediment transport, J.Geophys.Res. , Vol.103, pp.30813-30824, 1998.
- 3) 宮武 誠, 藤間 聡: 波打ち帯の侵食・堆積過程に及ぼす前浜地下水の流動特性, 土木学会論文集, No.754, pp51-61, 2004.

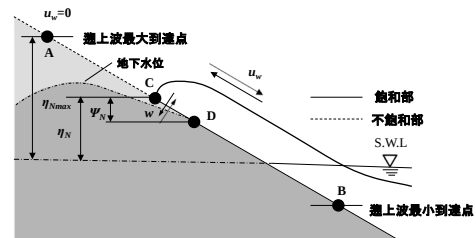


図-2 遡上波先端部における波打ち帯の水理モデル

表-2 各流束の符号

	遡上波先端流束	地下水の浸透・滲出流束
遡上時	$u_{0r} > 0$	$w_r < 0$
引き波時	$u_{0b} > 0$	$w_b > 0$

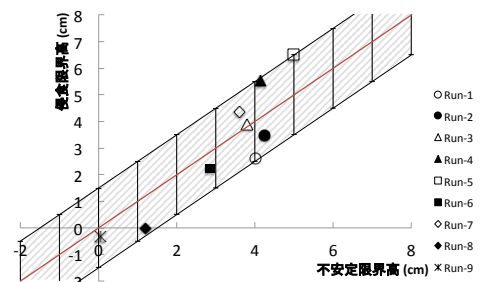


図-5 前浜侵食限界高と不安定高の関係