透水層の空隙率変化による海浜安定化とその機構に関する実験的研究

01A3736 上甲 昌治, 01A3794 四角 光志 指導教員 小島 治幸

1.はじめに

日本の沿岸域が抱える主要な問題は海岸侵食であ る.今までの日本の海岸侵食対策は,護岸や離岸堤, 人工リーフ等の構造物を設置する工法がとられたた め,人工海岸と半自然海岸の延長が増加し,自然海 岸の延長が減少してきた.しかし,新海岸法の基本 方針の下,防災だけでなく環境,利用の各面からも 考慮し,砂浜を砂浜本来の姿として保全する方向性 が明確に打ち出された.この方向性を可能とする海 浜保全工法として有望視されているものの一つが, 砕石などの透水性の良いものを敷くことにより地下 水位を低下させる透水層工法である.上地ら(2003)¹⁾ は、透水層に透水性コンクリートブロックを用いた 場合の実験を行いその有効性を示している.

本研究は、透水層における空隙率(透水係数)の違いにより海浜安定効果を実験的に明らかにするとともにブロック内の流速や地下水位等を測定し、それらと海浜安定性との関係を調べることが目的である.

2.実験方法と条件

実験では透水層の空隙率を容易に変化させるため, 図-1のようにアクリル性ブロックを用い上板に所 定の空隙率となるように直径 2cm の穴をあけたもの を用いた.

移動床による水理実験は、図-2に示す全長 30.0m, 深さ 0.7m 幅 0.5m の 2 次元造波装置を用い,水槽の 水深を 0.4m に固定した.その水槽に,高さ 0.5m,長 さ 6.5m (1.5m からは、1/10 勾配),幅 0.5m で中央粒 径 d_{50} =0.29mm の細砂を用いて模型海岸を作成した. 入射波は、Sunamura and Horikawa²⁾の「海浜プロフ ァイルのタイプ分け」より侵食性の 5 種類の不規則 波(表 -1参照)と RUN1~3 までの 3 種類の規則波を 用いた.波作用時間は 5 時間とした.入射波高は容 量式波高計を用いて測定した.規則波の遡上幅、お よび砕波位置は、スケールを用い目視により測定し た.海浜断面地形はレーザー変位計を用い、幅 0.5m の水槽中央と中央から左右 17.5 cm のところを波作用 後 1,3,5 時間の断面変化を測定した.

図-3 はブロック内流速及び波高測定の設置図であり. 波高計は汀線付近に来るように設置した. 流速 計はブロックと垂直に交わるように設置し,各 RUN で波作用後0分,15分,30分の3回計測を行った.

ブロックの設置は、図-4 に示すようにブロックを 二つ使い、一つ目は基本断面と平行に砂面より 5cm 下に設置し、二つ目は勾配を 1/20 に変え、洗掘を防 ぐとともにブロックのない沖向きの流れを排出する ためブロックの終わりに採石を置く形を基本とした.

実験ケースは,表-2に示す通で,CASEP5,10,20,30は空隙率がそれぞれ 5%,10%,20%,30%の場合である.



表−1 入射波の条件			$\phi = (\tan \beta)^{-0.27} (d/L_0)^{0.67}$		
RUN-R	$H_{1/3}/L_{1/3}$	$H_{1/3}(cm)$	T(s)	d(mm)	φ
1	0.027	8.7	1.44	0.029	0.0035
2	0.030	5.7	1.10	0.029	0.0050
3	0.045	8.5	1.10	0.029	0.0050
4	0.037	12.0	1.44	0.029	0.0035
5	0.063	12.0	1.10	0.029	0.0050





図-4 透水性ブロック設置断面図

表-2	実験のケ	ーフ
-----	------	----

CASE名	空隙率	備考
CASEO	\setminus	ブロックなし
CASEP5	5%	穴空きプレートの基本的な設置
CASEP10	10%	穴空きプレートの基本的な設置
CASEP20	20%	穴空きプレートの基本的な設置
CASEP30	30%	穴空きプレートの基本的な設置

図-5は、実験に用いた透水層における2種類の砂 の締め固めに対する空隙率と透水係数との関係を表 している.締め固めに関しては5cm厚の砂層におけ る単位体積乾燥重量で表した.透水係数は、空隙率 に関して対数の関係があり、空隙率10%以下から急激 に透水係数が小さくなり、それ以上の場合はあまり 違わないことがわかる.締め固めの強い単位体積重 量の大きい方が、係数の値が大きくなり、締め固め の弱い方と比べ2倍程度の違いとなった.



3.結果と考察

図-6の上図は、CASEP5のRUN1(波高 8.7cm、周 期1.44s)の規則波における波作用1,3,5時間後の断 面変化をグラフで示したものである.縦軸に高さ, 横軸に距離を表している. 波作用を開始した 1 時間 後においては海浜地形の変化が激しく、時間が経つ につれて変化が小さくなっている. ほぼ 5 時間後に は地形変化は平衡状態に近づいていると思われる. 下図は、計測した海浜断面を比較して得られた単位 幅当たりの岸沖漂砂量の分布を表しており、縦軸に 各岸沖漂砂量,横軸に距離を表している.この図は 計測時間の間にどれだけ砂が移動したかをそれぞれ の時間ごとに比較したもので、線が右下がりのとこ ろは侵食を、右上がりのところは堆積を表している. この図からも波の作用時間が経つにつれ岸沖漂砂量 が小さくなることが分かる.これらの結果より,波 の作用時間を5時間までとした.

図-7 は、波の条件が RUN1 におけるケースごとに 比較した結果で、上図に波作用 5 時間後の断面変化 を初期断面と比べたものを、下図に初期断面から5 時間後にどれだけ砂が移動したかを示す岸沖漂砂量 分布を表している.透水層を設けたケースでは汀線 付近における侵食軽減効果が認められる.また、漂 砂量分布図から、 CASEP10 と CASEP30 に汀線付近で 高い堆積効果が現れていることが分かる.

図-8の上図は,波形勾配 H₀/L₀=0.045 と侵食性の 高い RUN3 (波高 8.5 cm,周期 1.1 s)の規則波をあて, 5時間後の断面をケースごとに比較したものである. 透水性ブロックを設置した全てのケースで汀線の岸 側で若干の堆積が生じている.下図に示す初期断面 から5時間後の岸沖漂砂量分布をケースごとに比べ た結果によると,RUN1 ほど汀線近傍で透水層設置に よる堆積効果は見られなかったが,全体的に侵食量 の軽減が見られた.空隙率の大きい CASEP30 が最も 堆積効果があり次に CASEP10 で,RUN1 同様 CASEP5



図-6 CASEP5の RUN1 における時間変化



-40

-100

100

図-8 RUN3 における CASE 別比較

距離(cm)

0

200

300

400

が最も効果が悪い結果となった.

図-9 は、汀線(距離 0m)における規則波に対する ケースごとの累積漂砂量の結果を示している.縦軸 に漂砂量、横軸に波形勾配および RUN を表わしてい る.RUN1 から RUN3 へいくほど波形勾配が大きくなる ため、累積漂砂量の変化は右下がりの傾向となる. 規則波の波形勾配が大きい場合(RUN2 と RUN3)、全て のケースにおいて透水層の効果が表れている.特に CASEP30 が最も効果的である.

図-10 は空隙率変化による汀線における累積漂砂 量の変化を,RUN ごとに示している.空隙率が大きく なるにつれて漂砂量が大きくなり,全体的に漂砂量 の変化は右上がりの傾向となる.

図-11 の上図は RUN1 におけるケースごとの経時的 な砕波点の位置を表したもので,縦軸に汀線からの 距離, 横軸に時間を取っている. 透水性ブロックを 設置していない CASEO においては時間が経過してい くとバーの発達とともに砕波点は沖に移っていくが, 他の全てのケースにおいては砕波点がほとんど変わ らないか、若干小さくなる結果が得られた、下図は RUN1 における遡上幅であり、縦軸に汀線から最大遡 上点までの距離として表した遡上幅、横軸に時間を 示している. 透水層が設置されたケースと設置され ていない CASEO とは大きな違いが見られ,前者は遡 上幅が小さくなる傾向が見られる. それは, 透水層 により遡上した水塊を砂中に浸透させる効果が大き いためだと考えられる.特に、CASEP30においては、 空隙率が最も大きかったため、遡上幅の最も大きな 減少効果が見られた.

図-12 は、RUN1 におけるブロック内流速実験で、 実線が流速を、点線が水面変位を表し、流速におい てプラスが沖方向、マイナスが岸方向の流れを表し ている. RUN1-0 分では波高が最大 3.5 cm で、ブロッ ク内の流速が 0.5 cm/s 程度だが、RUN1-30 分後では波 高が 1 cm 小さくなり流速が 0.5 cm/s 大きくなった.図 -13 は、縦軸に時間平均流速、横軸に波形勾配(RUN) を表している. 図-9 の累積漂砂量と比較すると、同 じような傾向が見られた.しかし、時間平均流速は全 てのケースで沖方向に流れているわけではないこと がわかる.

図-14 は, 不規則波 RUN1-R の断面比較したもの(上図)で汀線付近から沖側 50cm にかけてどのケースも 侵食を受け,岸側では沖側で侵食された砂による堆 積が見られた.また, CASEP30 に比べ CASEP10 におい て高い堆積効果が見られた.岸沖漂砂量分布(下図) を見ても, RUN1-Rの波において,汀線付近で CASEP30 に比べ CASEP10 において高い堆積効果がられた.

図-15 は、不規則波 RUN4-R の断面比較したもの(上図)で汀線付近から沖側100cmにかけてどのケースも 侵食を受け、それよりもさらに沖側で侵食された砂 による堆積が見られた.また、CASEP10に比べ CASEP30 において高い堆積効果が見られた.岸沖漂砂量分布 (下図)を見ても、侵食性の高い RUN4-R の波において, 汀線付近で CASEP10 に比べ CASEP30 において高い堆





図-13 波形勾配(RUN)による時間平均流速(積効果が見られた。

図-16は、汀線付近におけるケースごとの累積漂砂 量に関して不規則波の結果を示している.縦軸に漂 砂量、横軸に RUN-R を表わしている.不規則波にお いては、全般的に透水層による汀線部での堆積効果 は規則波ほど顕著には現れなかった.侵食性の高い RUN4-R で CASEP30 と他のケースに大きな違いが見ら れた.

図-17 は, 汀線における空隙率変化による漂砂量の 変化を, RUN-R ごとに示している. 空隙率が大きくな るにつれて漂砂量の変化は全体的には右上がりとな るが, 波の種類によっては空隙率による変化があま り表われなかったものもある. これは, 空隙率が 10% 以上であると透水係数がそれ程変わらないためと思 われる.

4. まとめ

本研究結果から,以下のことが明らかになった.

- (1) 透水性ブロックを前浜から砕波点にかけて設置 することにより,規則波および不規則波に対して 前浜で堆積効果あるいは侵食低減効果が確認され た.ケースによって入射条件等の違いにより効果 の程度や特性が異なる結果が得られた.規則波の 場合,実験を行ったケースの範囲では CASEP30 と CASEP10 においてすべての波の条件に対し汀線の 岸側で堆積効果が見られた.不規則波の場合には, 侵食性の高い RUN4-R において最も大きな違いが 見られた.
- (2) 空隙率変化による堆積効果には顕著な違いが見られた.結果として空隙率の大きい CASEP30 がもっとも堆積効果があるといえる.
- (3) 遡上幅と砕波点の位置については CASE0 と比較 した場合,透水層を設置した全てのケースにおい て, 遡上幅は小さい値になり, 砕波点の位置は岸に 近い点になった.特に,空隙率が最も大きい CASEP30 で遡上幅の最も大きな減少効果が見られ た.
- (4) 侵食性の高い RUN1 と RUN3 の流速試験は0分にお いては共に同じような結果が見られたが,時間の 経過にともない RUN3 の流速が小さくなる傾向が 見られる.

参考文献

- 土地伸一郎(2003):透水ブロックによる海浜安定 化工法に関する実験的研究,海洋開発論文集,第19 巻,pp. 321 - 326
- 2)Sunamura, T and K. Horikawa (1974) : "Tow -dimensional beach transformation due to waves," Proc. 14th Conf. On CoastalEng.



図-14 RUN1-R における CASE 別比較



