

透水性ブロックによる海浜安定化工法に関する 実験的研究

AN EXPERIMENTAL STUDY ON BEACH STABILITY WORKS BY WATER PERMEABILITY BLOCK

上地伸一郎¹・小島治幸²・勢古口順³・片岡高岑⁴・原口幹弘⁵
Shinichiro UECHI, Haruyuki KOJIMA and Jun SEKOGUCHI
and Takane KATAOKA and Mikihiro HARAGUCHI

¹学生会員 九州共立大学 都市システム工学専攻 (〒807-8585 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8)

²正会員 工博 九州共立大学 工学部土木工学科 (〒807-8585 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8)

^{3, 4, 5}大同コンクリート工業(株) (〒110-0015 東京都台東区東上野 2-14-1)

A beach erosion has been a serious problem. As countermeasures against a beach erosion, a sand fill method and permeable layer works have been recently considered, instead of revetments, detached breakwaters, and artificial reefs. In this research, movable bed experiments with regular and irregular incident waves were carried out to study beach stability effects by porous concrete blocks as a permeable layer. Erosion reduction effects were seen in the vicinity of the shoreline when water permeability block was used, and sand depositions were seen on the fore shore.

Key Words : beach erosion, permeable layer works, movable bed experiment, porous concrete block

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、砂中に透水層を設けることにより地下水位を低下させる透水層工法である。

この工法に関しては、旧運輸省港湾技術研究所等により研究開発が行われている^{1)~3)}。これらの研究から得られた成果は次のようにまとめられる。

- ・ 透水層の効果として、地下水位の上昇を著しく少なくし、汀線付近の侵食量を軽減させることができる。
- ・ 透水層材料として透水パイプを用いる方法によっても地下水位を制御できる。
- ・ 砕波帯内の透水層をパイプに置き換えて、集中排水する方法は、前浜と砕波帯内全域に透水層を設置した場合と同じ効果がある。

- ・ 現地調査による成果として、透水層埋設範囲の地下水位は、台風による波の遡上が多いときでも自然排水により低下できる。また、排水能力の低下は排水口の詰まりが原因であり、透水層自体の透水能力の低下は生じない。

透水層工法の他に、海浜の浸透性を向上させる工法として、前浜に埋設した集水管網とポンプとを組み合わせたCoastal Drain Systemがあり、佐藤ら^{4)~6)}や平野ら⁷⁾により研究が行われている。

本研究は、透水層に透水性コンクリートブロックを利用した場合の海浜安定効果を規則波・不規則波を用いた実験より明らかにすることを目的とする。

透水性ブロックを用いる利点として、

- 1) ブロックを工場生産でき、ユニットとして取り扱えることにより施工性がよい。
- 1) 透水ブロック自体が配水管の機能を備えることができる。
- 1) 被覆している砂が無くなるような最悪の事態でもブロックが侵食をくい止めることができる、などがあげられる。

2. 実験方法と条件

透水ブロックの透水係数を求めるために、図-1

に示す定水位透水試験装置を用いて、試料透水性コンクリート厚が15cm、動水勾配 $\Delta H/L=2.5$ の条件で定水位透水試験を行った。次に、中央粒径0.29mmの試料砂を5cm厚で透水性コンクリートブロックの上に敷き、動水勾配 $\Delta H/L=1.875$ で試験を行った。フィルター材には、厚さ0.5mm(白)、厚さ1.2mm(黒)二種類の透水性の防砂シートを用いた。測定は、越流水槽内に水をゆっくりと注入し、上部がオーバーフローした後下部からの通水量(Q)を計測した。これを、一つの測定に対し五回行い平均値をとった。

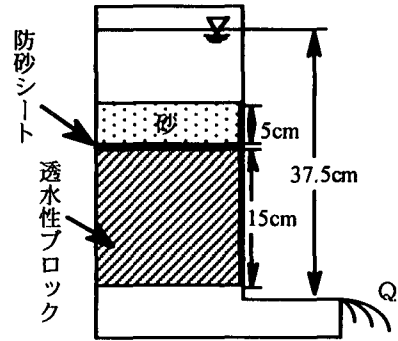


図-1 定水位透水試験装置

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。その水槽の左端から8.5mのところ、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 $d=0.29$ mmの細砂を用いて模型海岸を作成した。海浜断面地形は接触式砂面計とレーザー変位計を用い、幅0.5mの水槽中央と1/3の所の岸沖方向0.25cm間隔で測定した。

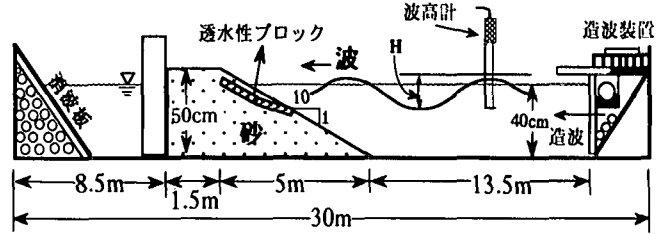


図-2 実験水槽概略図

入射波は、Sunamura and Horikawa⁹⁾が提案した「海浜プロファイルのタイプ分け」より侵食形の5種類の規則波(RUN)を選定し、その諸条件を表-1に示している。また、同じ条件の不規則波(RUN-R)も用いている。入射波高は容量式波高計を用いて測定した。図-3は実際に起こした不規則波をスペクトル解析し、図示したもので実線が目標値を、丸印が2ヵ所で測られた実測値を表している。この図から、ほぼ目標の波が造波できていると言える。波作用時間は5時間とし、1時間毎の断面の変化を測定した。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。

表-1 入射波の条件 $\phi = (\tan \beta)^{-0.27} (d/L_0)^{0.67}$

RUN	H_0/L_0	H_0 (cm)	T(s)	d(mm)	ϕ
1	0.027	8.7	1.44	0.29	0.0035
2	0.030	5.7	1.10	0.29	0.0050
3	0.045	8.5	1.10	0.29	0.0050
4	0.037	12.0	1.44	0.29	0.0035
5	0.063	12.0	1.10	0.29	0.0050

実験ケースは、ブロックを置かず砂だけの断面をCASE 0とし、図-4に示すようにブロックを二枚使い、一枚目は基本断面と平行に砂面より5cm下に設置し、二枚目は勾配を1/20に変え、洗掘を防ぐためブロックの終わりに採石を置いた場合をCASE 2~6とした。透水性ブロックの空隙率は33%を基本とし、CASE4だけ22%と低くなっている。図-5に示すように、CASE 3はブロックの底面が不透過になっており、CASE5は、排水機能を促進する目的で、内部に直径約4cmの円筒形の穴が縦方向に3つあけられている。CASE6は縦3cm、横15cmの直方体の穴が二つあけられている。全断面に対する空洞の割合は、CASE5と6において、それぞれ7.6%、18.2%である。

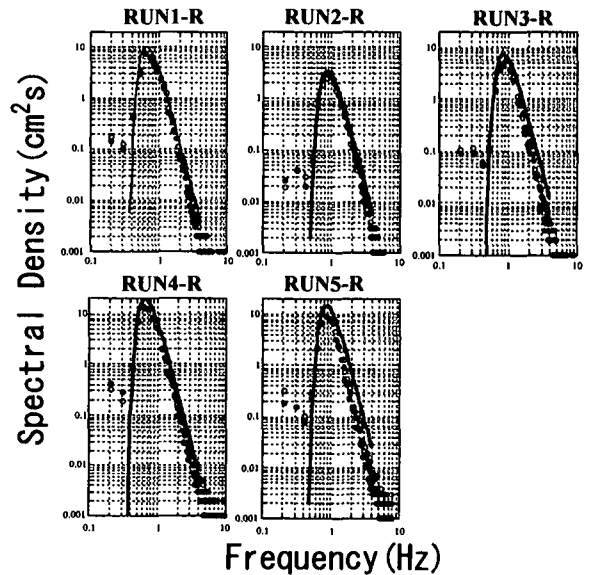


図-3 スペクトル解析図

3. 結果と考察

(1) 透水性ブロックの透水試験

図-6は、左図がブロックのみで行った透水試験の結果で、右図がブロックと透水性の防砂シートを用い、その上に試料砂を5cm盛った場合の結果である。縦軸に透水係数を表し、横軸に空隙率を表



図-4 CASE2~CASE6の透水性ブロック設置断面図

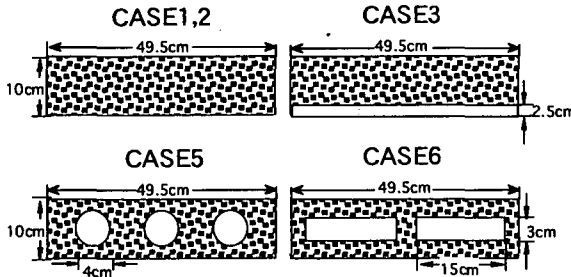


図-5 CASE1-6のブロック断面図

いる。透水係数は、空隙率に関して正の相関があり、空隙率30%以下ではバラつきが見られるが、30%以上ではそれほどバラつきが見られない。これは、空隙率が小さいと空洞が必ずしも上面から下面まで通じているわけではなく、水が通過することに寄与していないためと考えられる。右図から分かることは、試料砂と防砂シートを使用することにより、ブロックだけの場合と比べて透水係数が約1/45になっていることである。また、実験に用いた砂の透水係数は、Hazenの式を用いると0.018cm/sとなる。

(2) 規則波による移動床実験

図-7は、CASE0のRUN3（波高8.5cm，周期1.1s）の規則波における1時間ごとの断面の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。この図は、初期断面を実線で表し、他の時間の断面を破線で表している。波を作用した初期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。図-8は、1時間ごとの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、縦軸に岸沖漂砂量，横軸に距離を表している。この図は、1時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のが分かる。これらの結果より、波の作用時間を5時間までとする。

図-9は、波の条件がRUN1（波高8.7cm，周期1.44s）の規則波におけるケースごとの波作用5時間後の断面変化を初期断面と比べたもので、透水性ブロックのないCASE0では、汀線付近から水深10cm程度まで侵食されているのに対し、透水性ブロックを設けたケースでは汀線近傍における、侵食軽減効果が認められる。図-10は、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もので、この図から、透水性コンクリートブロックの透水層により侵食が軽減されていることがよく分かる。また、CASE3とCASE5に汀線近傍で高い堆積効果が現れた。汀線の沖側では、ブロックを設置することにより侵食域が沖に移動する傾向が見られた。

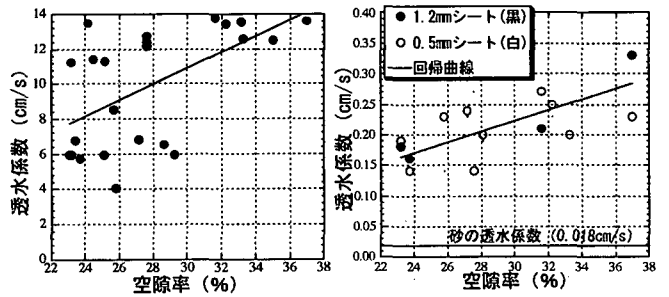


図-6 透水試験結果

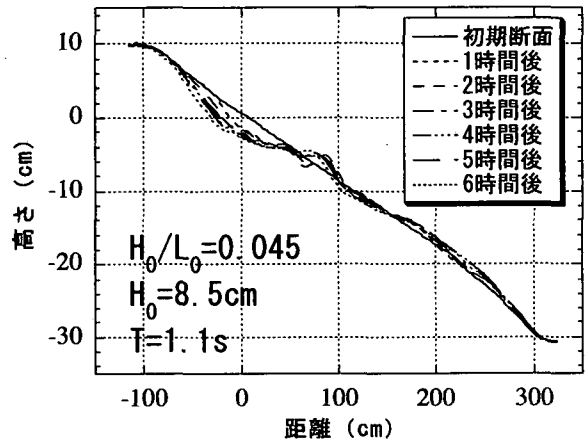


図-7 CASE0のRUN3における断面変化

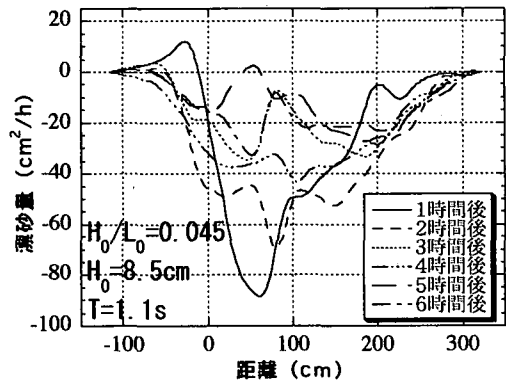


図-8 CASE0のRUN3における漂砂量変化

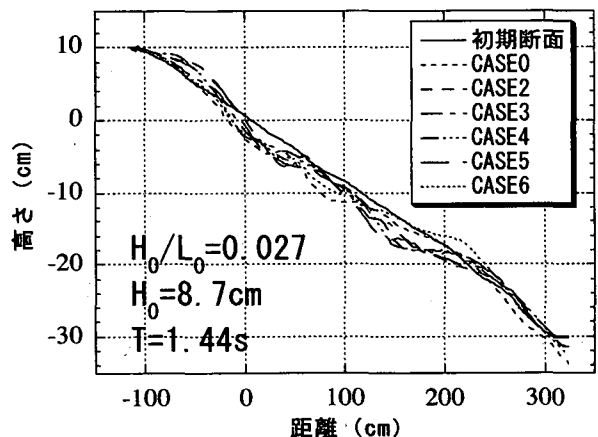


図-9 RUN1におけるCASE別断面比較

図-11は、波形勾配 $H_0/L_0=0.045$ と侵食性の高いRUN3(波高8.5cm, 周期1.1s)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CASE2~6において全てのケースで汀線の岸側で若干の堆積が生じている。図-12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性ブロック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。特に、他のケースに比べてCASE5において透水層による汀線近傍の堆積効果と侵食軽減効果が大きく見られた。

図-13は、汀線(距離0m)におけるケースごとの累積漂砂量に関して規則波の結果を示している。実線が透水性ブロックのないCASE0, その他の線がブロックを設置したケースの結果を表している。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、実験をおこなった範囲ではCASE5がもっとも効果的である。

(3) 不規則波による移動床実験

図-14と図-15は、不規則波のCASE0における5時間後の断面変化と岸沖漂砂量を入射波のRUN-R

ごとに比べたものである。断面変化および漂砂量変化において、RUN1-R~RUN3-Rでは、碎波点が波ごとに異なるため、あまり海浜の変化が見られなかった。また、汀線陸側では、侵食性の波を作用し

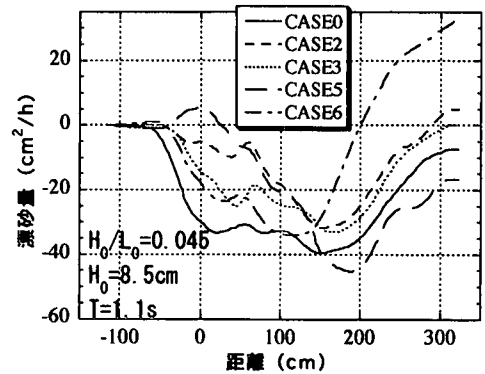


図-12 RUN3におけるCASE別漂砂量比較

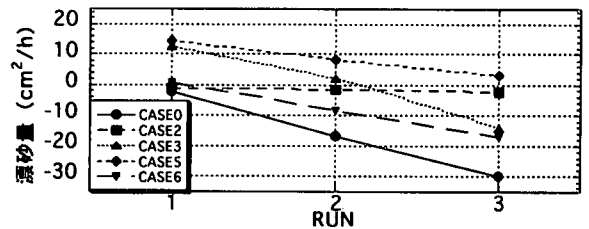


図-13 汀線におけるCASEごとの漂砂量比較

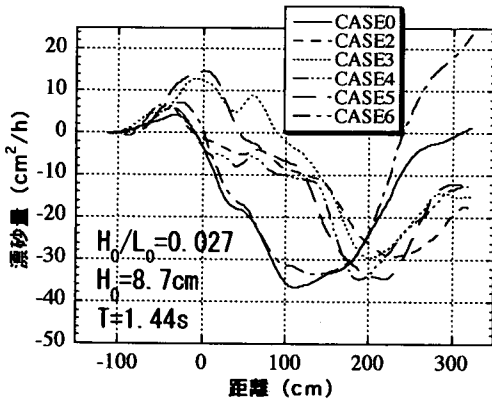


図-10 RUN1におけるCASE別漂砂量比較

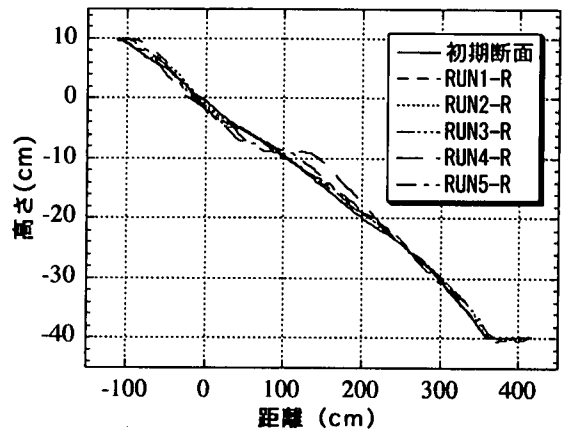


図-14 CASE0におけるRUN-R別断面比較

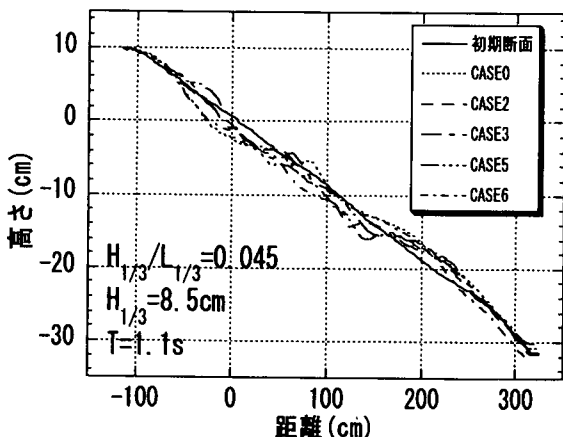


図-11 RUN3におけるCASE別断面比較

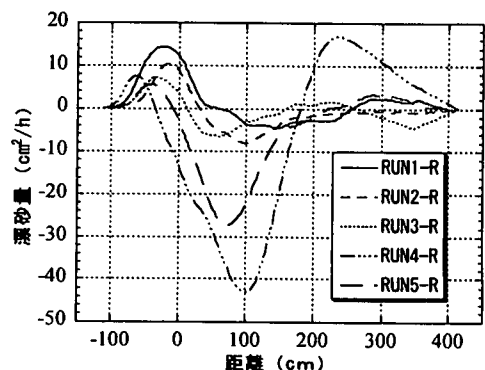


図-15 CASE0のRUN-R別漂砂量比較

たにもかかわらず、堆積が生じた。入射波高を大きくしたRUN4-RとRUN5-Rにおいては、汀線から岸方向にかけて、若干堆積しているが、沖方向にかけては侵食が大きくなっており、100cm付近では、他のRUN-Rに比べRUN4-Rの方に大きな侵食が見られた。

図-16は、波の条件がRUN1-Rにおけるケースごとの波作用5時間後の断面変化を初期断面と比べたもので、縦軸に高さ、横軸に距離を表している。すべてのケースで汀線近傍を堺に岸側で堆積が、すぐ沖側で侵食が生じる海浜変形が起った。図-17は、RUN1-Rにおける初期断面から5時間後の岸沖漂砂量分布をケースごとに比べたもので、この図からも、透水性コンクリートブロックの透水層により距離-40cm~80cmの付近で堆積効果が見られ、特にCASE5において最も高い堆積効果が見られた。

図-18は、RUN3-R（波高8.5cm，周期1.1s）におけるケースごとの波作用5時間後の断面変化を初期断面と比べたもので、透水性ブロックのないCASE0では、汀線の上部海浜から水深10cm程度まで侵食されているのに対し、透水性ブロックを設けたケースは汀線の上部海浜で明確な堆積が現れている。岸沖漂砂量分布を示す図-19によると、この波の条件では、透水性コンクリートブロックを設置したケースではCASE2が前浜の堆積効果に関して最も大きく、CASE5とCASE6ではほぼ同じ大きさであった。

図-20は、RUN 4-R（波高12.0cm，周期1.44s）における波作用5時間後の断面変化をケースごとに比べたもので、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る。図-21の岸沖漂砂量分布を見ると、距離-40cm~80cm付近でCASE6の透水性ブロックにおいて高い堆積効果が見られ、累積漂砂量の最大値で他のケースと比べ1.5~2倍の違いがあった。汀線から沖側100cm程度にかけても、侵食軽減効果が表れている。

図-22は、汀線(距離0m)におけるケースごとの累積漂砂量変化を不規則入射波条件ごとに比較したもので、縦軸に岸沖漂砂量、横軸にRUN-Rを表わしている。不規則波においては、全般的に透水性ブロック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。実験を行った範囲では、CASE6がすべての波の条件に対して汀線における累積漂砂量がプラスとなり、RUN4-RにおいてCASE6はCASE0と比べて、約12cm²/hもの堆積効果が表れている。

4. むすび

本研究により以下のことを明らかにした。

- 1) 透水性コンクリートブロックの透水係数は、空隙率に関して正の相関があり、空隙率が30%以下であるとその値のバラつきが大きくなる。

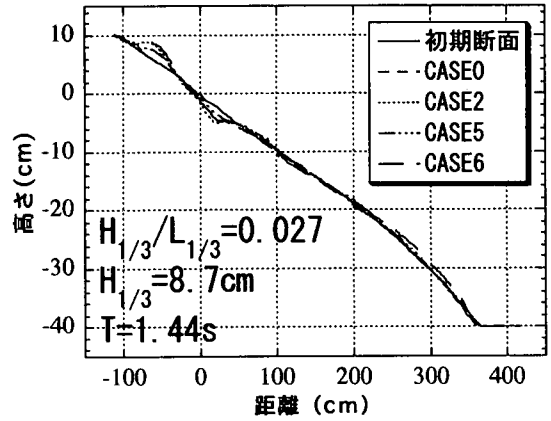


図-16 RUN1-Rにおける5時間後断面のCASE別比較

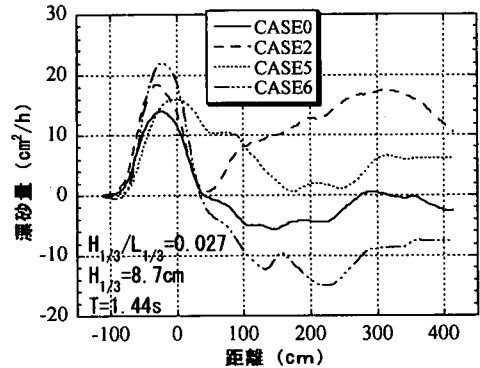


図-17 RUN1-Rにおける5時間後の漂砂量比較

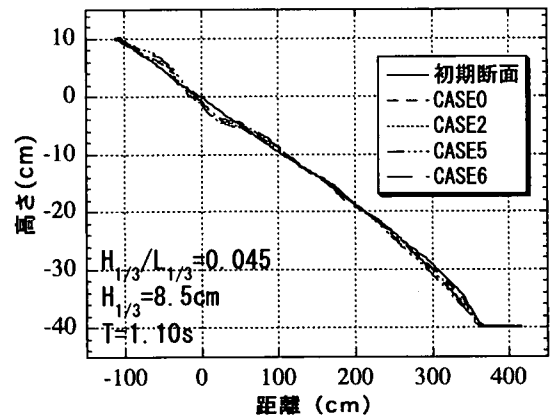


図-18 RUN3-RにおけるCASE別断面比較

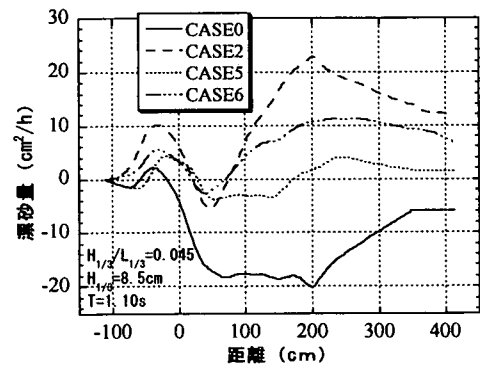


図-19 RUN3-RにおけるCASE別漂砂量比較

- 2) 規則波と不規則波では、波の碎波点が違うため不規則波の方が規則波に比べ、海浜変化は少なく、透水性ブロックによる海浜安定化効果もそれほど顕著には表れなかった。
- 3) 規則波の場合、実験を行ったケースの範囲ではCASE5においてすべての波の条件に対し汀線の陸側で堆積効果が見られた。不規則波の場合には、CASE6のブロックにおいてすべての波の条件に対し堆積効果が見られた。
- 4) 透水性ブロックを前浜から碎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。これらの原因を明らかにするために、今後は、地下水位やブロック空洞内の流速等を測定する予定である。

敬三 (1997) : 茅ヶ崎海岸におけるBMSの被災原因とその改良方策, 海岸工学論文集, 第44巻, pp.981-985.

- 8) Sunamura, T and K. Horikawa (1874) : Two-dimensional beach transformation due to waves, Proc. 14th Conf. On Coastal Eng.

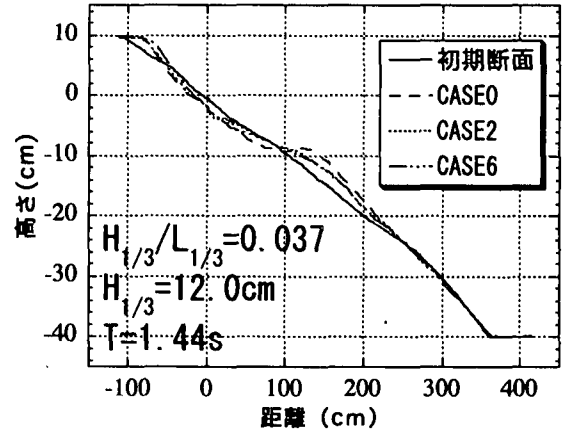


図-20 RUN4-Rにおける5時間後断面のCASE別比較

参考論文

- 1) 柳嶋慎一, 加藤一正, 天板勇治, 名城整, 望月徳雄 (1995) : 現地海岸に埋設した透水層の排水流量と前浜地形変化, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.726-730.
- 2) 塩見雅樹, 戸引勲, 松川文彦, 津川昭博, 長谷川巖 (1995) : 透水層埋設による海浜安定化効果の定量的評価, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.721-725.
- 3) 柳嶋慎一, 金澤寛, 平井宜典, 加藤一正, 望月徳雄 (1996) : ストライプ状透水層の前浜地形変化に及ぼす三次元的効果, 海岸工学論文集, 第43巻, pp.661-665.
- 4) 佐藤道雄, 秦禎勝 (1992) : 前浜地下水の吸水による海浜変形の実験, 海岸工学論文集, 第39巻, pp.336-340.
- 5) 佐藤道雄, 福島正寛, 坂元龍治, 中村和夫 (1993) : 吸水による漂砂制御に関する研究, 海岸工学論文集, 第40巻, pp.536-540.
- 6) 佐藤道郎, 福島正寛, 西隆一郎, 福永雅彦 (1995) : Coastal Drainによる漂砂帯の流況変化と断面変化について, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.716-720.
- 7) 平野浩一, 千田昌平, 和田信昭, 宇多高明, 見附

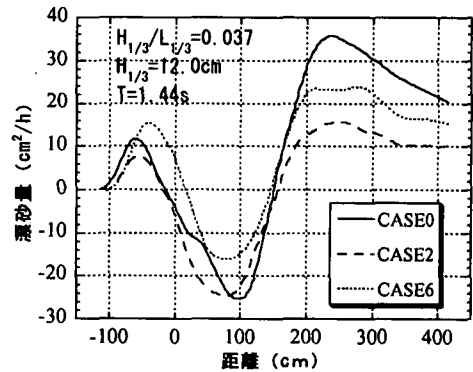


図-21 RUN4-RにおけるCASE別漂砂量比較

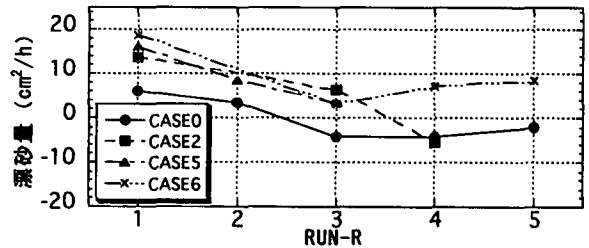


図-22 汀線におけるCASEごとの漂砂量比較