

北海道大学工学部 学生員 和泉 恵之
 日本国土開発(株) 平田 亨
 北海道大学工学部 正員 佐伯 浩

1. はじめに 海岸堤防は海岸線保全のため古くから多く用いられているが、これを保持する上で最も考慮されなければならないことの1つに、堤体前面の局所洗掘問題がある。従来よりこの洗掘機構を解明すべく、様々な研究がなされており、これらは、波の特性、底質粒径、堤体設置位置、堤体の法面勾配等々、種々の組合せの条件の下で実験を行うことにより、解析されてきた。しかしこのいずれもが、幅の狭い2次元水槽によるものであり、これらの結果と実際問題を比較するとともに、多くの疑問が生ずる。すなわち、2次元水槽は汀線に垂直な方向のみの力の釣り合いを再現しているにすぎず、現地海岸の平面的広がりによる影響は全く無視されている。海浜変形を論ずる場合、汀線と平行方向の流れ、つまり沿岸流・離岸流による漂砂が大きな要因の1つであり、また波の作用力自体も、2次元水槽のように側方が拘束されている場合と平面的に無限の広がりがある場合には、少なからず差が出てくるものと思われる。2次元水槽による実験のみでは片手落ちの論議になりかねない。そこで本研究では、これらの問題を多少なりとも解決するために、平面的広がりのある3次元水槽を用いて実験を行ったものであり、2次元水槽実験による結果と比較検討し、さらに3次元模型実験による洗掘現象の特異性を見いだそうとしたものである。

2. 実験方法 実験は、長さ7.4m、幅10.9m、高さ0.45mの平面水槽を使用して行い、フラッター式造波機により波を起こすものとする。波は表1に示すように2種類用いた。実験手順としてはまず初めに、 $d_{50}=0.17mm$ のほぼ均一の砂を用いて1/10の1:10の斜面を作成し、それに一定の特性の波を汀線と直角に8時間作用させて平衡海浜を形成させる。それから、その海浜をできるだけ乱さないように堤防と水槽の幅一杯に設置し、同じ波を8時間作用させたのち、この状態を最終海浜地形として海浜変形を測定した。それと同時に流況の概況も、比重1.02、直径1mmのアクリル球を流すことにより目測で測定した。また、波高、反射率の測定も、波を作用させてから0, 1, 3, 5, 8時間後ごとに行った。実験は全部で10ケース行なわれ、それらの条件は表2に示す通りである。なお本論文で用いられている座標系、記号は図1に示す通りであり、 x_b は浸食された時を正とした。

WAVE	H_0/L_0	H_0 (cm)	T (sec)	HORIKAWA SUNAMURA	OZAKI HIKITA	IWAGAKI NODA
A	0.1002	5.3	0.58	TYPE1	Erosion	BAR TYPE
B	0.0074	3.9	3.88	TYPE3	Accretion	STEP TYPE

表1

表2

RUN	WAVE	α	X/X_b
1	A	90°	0
2			0.25
3			0.50
4			0.25
5			0.50
6	B	90°	0
7			0.25
8			0.50
9			0
10			0.50

3. 実験結果及び考察 一般に離岸流の発生は、進行波が碎波することによる平均水位の変化に起因するものと考えられ、波が重複波となっている場合には著しい離岸流は発生しないのが普通である。本実験では堤防の設置位置により $X/X_b=0$ では進行波、 $X/X_b=0.5$ では重複波となり、 $X/X_b=0.25$ では進行波と重複波の中間的性質のものとなった。従って流況の測定でも、 $X/X_b=0$ のときには離岸流がよく観測され、 $X/X_b=0.5$ のときにはそれらしくはものは、きりと現れなかった。図2及び3は、横軸に汀線と平行方向の無次元距離を、縦軸には堤脚部の洗掘量を表したものである。図2は離岸流が観測された場合で、図3は観測されなかった場合であり、これを見てわかるように、離岸流が発生するときには汀線に平行な方向で洗掘量の大きなぼつぎがあり、離岸流発生箇所では洗掘量が小さくなる傾向がある。これは沿岸流による漂砂が離岸流発生地点で堆積したものと考えられ、カスプ生成過程において離岸流発生地点に apex 部が形成されることと同じ現象と考

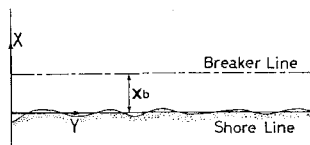


図-1

えられる。このように沿岸流・離岸流は洗掘現象に大きな影響を及ぼしており、無視できない要因であると言えよう。しかしこの方向の洗掘量のばらつきを、沿岸流・離岸流のみで説明するには少々無理があるようである。つまり、今回の実験では、重複波となり離岸流の観測されない場合にも、洗掘量の方向での大きなばらつきの生じるケースが少なくなく現れたのであり、著者らはこれを、初期堤脚水深の方向のばらつきに起因するものではないかと考えた。汀線に平行に堤体を設置しても、初期平衡海浜が方向に一致とはならないので、堤体設置後の堤脚水深にばらつきが出てくるのは当然であろう。ここで問題となってくるのは、堤脚水深の異なる堤防が平面的に連続してつながっているときに洗掘現象がどのようになるかということであるが、本研究ではこのようなことを定量的に解析するだけの実験を行っていないので何とも言えない。しかし今、言えることは、2次元水槽で得られた結果を、堤脚水深が一致するからといって部分的にそれを適用するのは早計であるということである。つまり場所的に堤脚水深が違っていればその場所により反射率も異なっており、当然重複波の状態も汀線上で異なってくる。そしてそこには、2次元水槽では再現し得ないような複雑な現象が起きてくるものと思われる。現地海岸ではこのように場所的に堤脚水深が変化している場合が多く、ここにも2次元水槽によるものを現地に応用する際の問題点が生じて来る。図4及び5は、他の条件は同じで法面勾配のみを変化させたものであり、当初の予想と反した結果になったものである。一般には法勾配の緩い方が洗掘は起こりにくいと考えられるが、この場合は洗掘あるいは堆積が激しく起こり、全く逆の結果になっている。これはおそらく、法面上のほとり流れが洗掘に大きな影響を与えたためであると思われる。図5の場合にもほとり流れにより多量の浮遊砂が生じ、それが沿岸流によって大きく移動させられたものと考えられる。図6及び7は、過去の2次元水槽の結果と比較したものであり、図6は平面水槽における平均的な洗掘量を、図7は工学的に重要である最大洗掘量をプロットしたものである。これより分かるように、平面水槽における最大洗掘量は2次元水槽によるものより大きな、つまり危険側の値を示しており、実際の海岸でも局所的にこのような大きな洗掘が起こり得ることを意味している。また、本実験では法面角度操作による洗掘防止効果が顕著に現れる。その上図5に示されるような結果さえ出ている。本実験は海底勾配を1/10の急勾配としており、過去の実験では海底勾配が1/50のような緩勾配を用いた場合に、緩傾斜堤にすると洗掘量が小さくなるという防止効果があるようである。つまり、法面角度操作の効果の現れは、海底勾配に左右される傾向があると言えそうである。

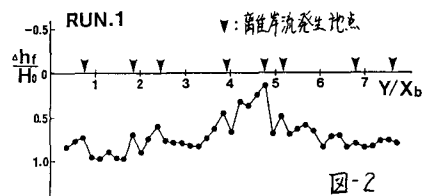


図-2

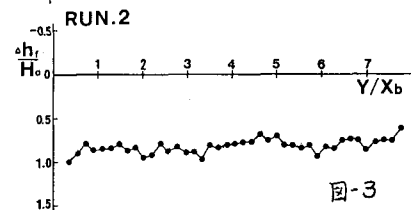


図-3

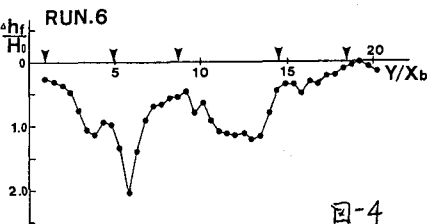


図-4

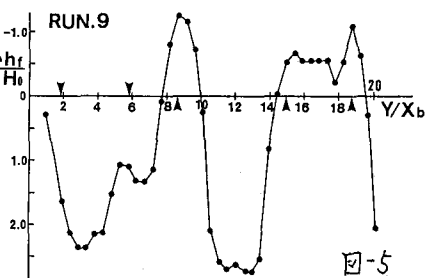


図-5

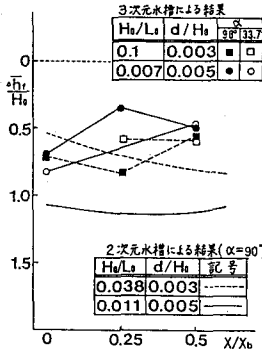


図-6

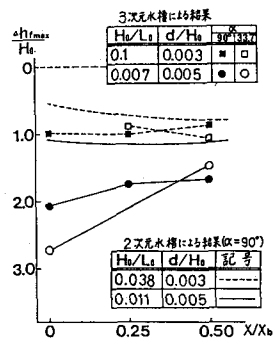


図-7