

II-373 半円形島の変形に及ぼすスケール効果

建設省土木研究所河川研究室長 正会員 宇多高明
建設省土木研究所海岸研究室研究員 正会員 山本幸次

1. まえがき

筆者らは砂嘴の発達に興味を持ち、ここ数年現地データの分析や水理模型実験を通じて現象の解明に務めてきた。一連の研究の出発点となったのが、半円形島周辺に形成される砂嘴の模型実験であった。この研究により砂嘴の発達過程を調べることができたものの、模型スケールとの関連でみた砂嘴形状の普遍性についての検討は必ずしも十分ではなかった。このことより、本研究では波浪条件や海底勾配の条件を一定に保ったままで、半円形島のスケールを変えて砂嘴の形成実験を試みた。

2. 実験方法

実験は、幅16m、長さ21mの平面水槽を用い、水槽槽を導波板により10mに狭めて行った。島の周辺の静水深は20cmとし、中央粒径 $d_{50}=0.28\text{mm}$ の実験砂により水面から10cmの高さをもつ半円錐台状の島模型を造った(図-1)。島の勾配は1/5としたままで、島の汀線半径 R を2, 3, 4mの3通り変えて実験を行った。波浪条件は $H_0'=3.0\text{cm}$ 、 $T=0.8\text{s}$ とした。測定項目は、入射波高、碎波波高、碎波波向、海浜流の流況、汀線形状および海浜断面形状である。海浜形状は、半円形島を16等分する放射状測線で測定した。

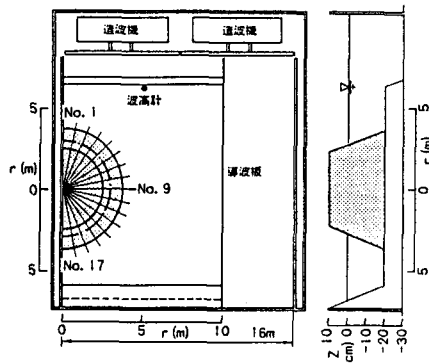


図-1

3. 実験結果

汀線半径 $R=2\text{m}$ の半円形島周辺の碎波波高と碎波波向の分布を図-2(a)に示す。波の入射側のNo.1~No.6での最大碎波波高は4.6cmであり、平均値も約3.7cmと高いが、No.7付近より波高は緩やかに低下し、No.12以後の測線では1cm以下となる。また、碎波点における入射角は、反時計回りの方向より入射する条件となっており、No.1より次第に増加してNo.8で最大となり、その後徐々に小さくなる。碎波波高や入射角がNo.11~No.17で小さくなるのは、この範囲が半円形島自身による波の遮蔽域に入るからである。海浜流の流況を図-2(b)に示す。

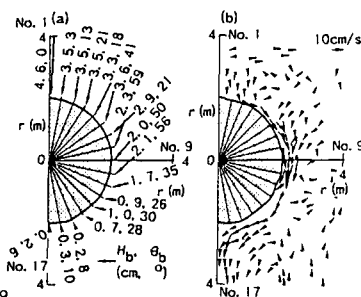


図-2

汀線に沿って強い沿岸流が生じ、この沿岸流はNo.17付近で離岸流に変わり、全体として反時計回りの循環流が形成された。図-3には汀線の経時変化を示す。No.1~No.10では経時的に汀線が後退し、No.11~No.13では汀線が前進した。一方、波の遮蔽域に位置するNo.14~No.17の汀線には変化が見られない。波の作用が著しい島の前面では侵食が進み、侵食土砂は波の遮蔽域との境界部に堆積したことが分かる。

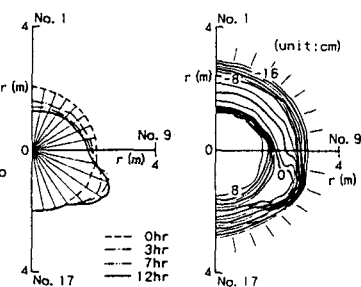


図-3

造波後7時間の深淺図を図-4に示す。初期地形は汀線半径を2mとする同心円状で表わされるが、造波後7時間の等深線形状はNo.1~No.9で0~8cmの等深線の間隔が広がったのに対し、陸上部のそれらは非常に密となっている。また、0cm、-2cmの等深線はNo.10付近から、

また-4cmの等深線はNo.9付近から沖側に屈曲し、いずれもNo.13にかけて突出している。突出した砂嘴部分では陸上に平坦面が形成され、海面下には非常に急な斜面が形成された。

図-4

侵食・中立・堆積域を代表する測線としてNo. 2, No. 9, No. 11を選び、それらの断面形状の変化を図-5に示す。No. 2では造波後3時間で $Z = -8\text{cm}$ 以浅で著しい侵食が生じ、陸上には浜崖が形成された。造波後7時間では後退速度は減少したものの、浜崖はさらに約15cm後退した。中立域にあるNo. 9では断面変化量は小さい。No. 11では時間経過とともに大量の砂が堆積し、造波後7時間には $Z \approx 2\text{cm}$ に平坦面が形成され、汀線が約60cm前進した。また、海面下の斜面勾配は約 $1/1.7$ と非常に急である。半円形島の前面では波高が高いため砂の攪乱が大きく、それが沿岸流によって運び去られて侵食され、一方、半円形島前面と遮蔽域の境界部では波高が急激に減衰し、砂の攪乱が小さくなるため堆積が生じ易い条件となり、砂嘴が形成される。

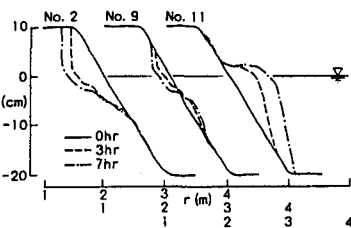


図-5

汀線半径 $R = 2, 3, 4\text{m}$ の半円形島の汀線の経時変化を図-6に示す。各ケースの汀線変化を比較すると、島の前面の侵食側での汀線変化はよく似ているが、砂嘴の形成位置に大きな違いが見られる。砂嘴の形成位置の違いについて、沖波波長と島の半径との関係から検討してみる。波浪条件は一定であって、周期は 0.8s であるから、沖波波長は $L_0 \approx 1.0\text{m}$ となる。したがって、 R と L_0 の比はケース①, ②, ③の順に $R/L_0 = 2, 3, 4$ である。砂嘴の最突出点は $R/L_0 = 2$ ではNo. 11と12の間に、 $R/L_0 = 3$ ではNo. 10と11の間に、 $R/L_0 = 4$ ではNo. 9と10の間にある。すなわち R/L_0 が大きくなると砂嘴の最突出点が半円形島の前面側へ移動することが分かる。これは、半円形島の半径と波長の関係とにより、波の屈折・回折状況が変化したためと考えられる。そこで、各ケースの碎波波高分布の比較を行った(図-7)。波の屈折・回折状況は地形の変化とともに変わるので、初期の10~30分の間に測定したデータを用いた。なお、データのばらつきを小さくするために沿岸方向3点の移動平均を行った。漂砂を引き起こす限界波高は明らかではないが、ケース①で砂嘴が突出したNo. 11の碎波波高が 1.7cm であったことを考慮し、ここでは $H_b \approx 1.5\text{cm}$ を基準とすると、

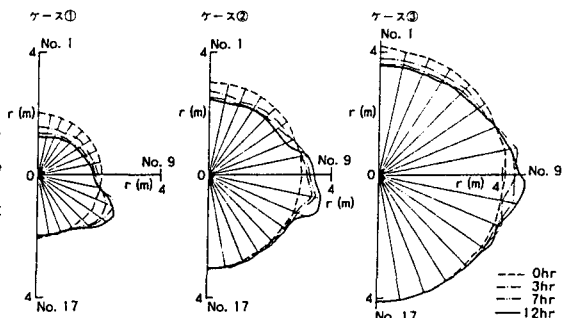


図-6

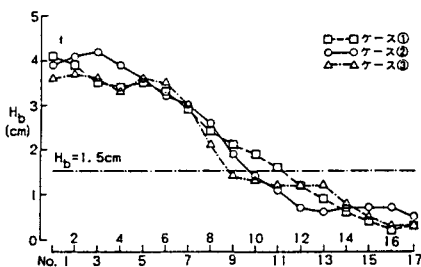


図-7

これより波高が小さくなる位置は $R/L_0 = 2$ でNo. 11と12の間、 $R/L_0 = 3$ でNo. 9と10の間、 $R/L_0 = 4$ でNo. 8と9の間となり、砂嘴の形成される位置とはほぼ対応する。3ケースともに海底勾配は $1/5$ と同一であるから、各ケースにおける波の屈折・回折は波長と汀線半径で代表される半円形島の大きさのみに依存する。半円形島の前面に位置する測線No. 1~4においては波は屈折変形するが、それは海底勾配のみにより支配されるから、3ケースともに碎波波高はほぼ同じ値となる。一方、入射波が汀線と非常に大きな角をなして進む区間(No. 5~14)では、波の屈折・回折は島の大きさに強く依存する。沖波波長に対し島のスケールが小さい場合、屈折・回折があまり生ずることなく、島の背後側でも波高が高くなるのに対し、島のスケールが大きい場合には屈折・回折により波高が低下する。このため碎波波高が $H_b \approx 1.5\text{cm}$ より小さくなる位置が島の前面側へと移動したと考えられる。さらにこれに起因して沿岸漂砂量の沿岸方向の急減地点も島の表側へと移動する。これにより砂の堆積位置が島の前面側へと移動したと考えられる。

4. 結論

半円形島の変形には波の屈折・回折が強く影響しており、島の半径が波長に対し大きくなると、砂の堆積位置(砂嘴の形成位置)が島の前面側へと移動することが移動床平面模型実験によって確認された。