

大阪大学大学院 学生員 千 受京
 五洋建設 小柳桂泉
 大阪大学工学部 正会員 出口一郎
 大阪大学大学院 石川裕夏

1. まえがき

河口は流域、河道で生産された土砂が海域へ流れる出口となり、河口部では多岐にわたる時間スケールを持つ波、河川流、潮流等の様々な外力が重合して作用している。また河口周辺では河口砂州、河口テラス等の様々な地形が形成され、河口流出土砂はそれらと複雑な相互作用を経た後周辺の海浜上に配分される。河口砂州はこのような河口周辺の流体運動、流出土砂の海域での挙動に重要な役割を果たす。しかし、砂州形成、河口完全閉塞に至る一連の過程を数値予測可能な手法はいまだ確立されていないのが現状である。本研究では波および河川流を外力とする平面2次元水理実験を行い、様々な初期河口地形（河口水深）、波、河川流の下で発生する河口砂州の特性と河口閉塞の発生限界を検討すると同時に完全閉塞に至るまでの河口砂州形成の過程を再現可能な数値予測手法について検討した。

2. 河口閉塞の水理実験

17×10mの平面水槽を用い、河口周辺の初期地形は河道中心に対して対称で、海浜勾配 1/10、河床勾配 1/200、川幅は 112cm とした。実験ケースは表-1 に示す 4 種類の入射波に対し、初期河口地形（河口水深）は 3 ケース変化させた全 12 ケースの実験を行った。表 1 で、 h_i は河口水深、 Q は河川流量を示す。ケース W3 は 3 時間、他の全ケースは 1 時間造波した。

波の入射角は一様水深部で河道中心線に対して 30°、河口円弧部の初期曲率半径は 25cm とし、中央粒径 0.4mm の砂を 6cm の厚さで均一に敷いて移動床とした。

河口水深 6cm、12cm のケースについては 2 段階の河川流量及び波を同時に与えた

実験を行い、固定床上で波高、流速、トレーサー投入による流況

の測定、移動床上で汀線の変動、断面変形、及び沿岸漂砂量の測定を行った。これらの中、ケース W6 は波が河口前面では砕波せず

に河道内に伝播し、他のケースでは河口より数 10cm 沖で砕波した。

図-1 は全ケースで測定した全沿岸漂砂量 Q_y 、砕波点における沿岸方向の波エネルギーフラックス P_i 、漂砂量係数 α (Savage 型)

を示す。波のみのケースでは沿岸漂砂量が $40\text{cm}^3/\text{s}$ 以上のケース (W1, W5) では砂州形成、伸長による河口閉塞が生じ、周辺の地形変化が激しかった。

また、波諸元と漂砂量係数がケース W1, W5 と同様で、河口水深が 3cm と異なるケース W7 では同一の造波時間

内で完全閉塞は生じなかった。入射波の沿岸方向エネルギーフラックスが比較的小さいケース (W2, W3, W6) では小規模の砂州は形成するものの、河口周辺の地形変化は微弱であった。

ケース W3 では長時間 (3hr) 造波しても砂州の伸長は小規模であった。波・河川流の同時作用の場合は河川流の掃流力により河道左岸では砂州が形成せず、また、流量の規模に問わず、河口閉塞は生じなかった。

流量の少ないケース RW3 では砂州がほとんど形成しなかった。測定された汀線の時間変化の一例を図-3 (a), (c) に示す。河口閉塞が生じない場合は左岸 (沿岸漂砂の下手側) での汀線後退が顕著であり、閉塞が生じた場合の左岸の汀線後退は造波初期で生じ、後退した汀線はその後右岸からの漂砂移動により回復した。

図-3 (a), (c) に示す。河口閉塞が生じない場合は左岸 (沿岸漂砂の下手側) での汀線後退が顕著であり、閉塞が生じた場合の左岸の汀線後退は造波初期で生じ、後退した汀線はその後右岸からの漂砂移動により回復した。

図-3 (a), (c) に示す。河口閉塞が生じない場合は左岸 (沿岸漂砂の下手側) での汀線後退が顕著であり、閉塞が生じた場合の左岸の汀線後退は造波初期で生じ、後退した汀線はその後右岸からの漂砂移動により回復した。

図-3 (a), (c) に示す。河口閉塞が生じない場合は左岸 (沿岸漂砂の下手側) での汀線後退が顕著であり、閉塞が生じた場合の左岸の汀線後退は造波初期で生じ、後退した汀線はその後右岸からの漂砂移動により回復した。

表1 実験ケース

CASE	h_i (cm)	H_0 (cm)	T (sec)	Q (l/sec)
W1	6.0	6.0	1.2	0
RW1	6.0	6.0	1.2	6.509
RW1-1	6.0	6.0	1.2	16.961
W2	6.0	6.0	0.8	0
W3	6.0	5.0	0.8	0
RW3	6.0	5.0	0.8	6.509
W4	6.0	5.5	1.0	0
W5	12.0	6.0	1.2	0
RW5	12.0	6.0	1.2	6.509
RW5-1	12.0	6.0	1.2	16.961
W6	12.0	5.0	0.8	0
W7	3.0	6.0	1.2	0

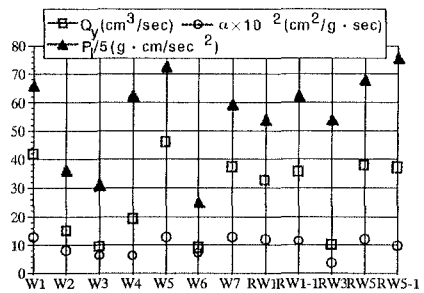


図1 波エネルギー、沿岸漂砂量、漂砂量係数

< Key words > 海岸侵食、河口砂州、河口閉塞、3次元水深変化予測モデル

〒565 吹田市山田丘2-1 (TEL) 06-879-7615 (FAX) 06-879-7616

図2は河口砂州形成、伸長に対する河川流の影響を測定した河口の流水断面積の時間変化で表したものである。一定の河川流が流れる場合には、すべてのケースで河口の流水断面積が時間とともに減少するものの、流量により開口部が維持され、閉塞はしなかった。

3. 河口閉塞の数値予測モデル

従来、海浜変形の予測に用いられてきた3次元水深変化予測モデルを用いて波浪場、海浜流場及び水深変化の相互作用を考慮して河口砂州形成および河口閉塞の再現計算を行った。波浪場の計算は非定常緩勾配方程式を用いて計算し、流れ場の計算は時間・断面平均された海浜流の基礎式をADI法で差分化して流れが定常状態に達するまで繰り返して解を求めた。地形変化の計算はフラックスモデルに基づいた平均流のみによって輸送される平衡状態における局所漂砂量式、移流分散方程式による浮遊砂濃度の計算を行った。また、地形変化の基礎式に局所勾配による砂粒子の重力作用を考慮するため漂砂量を拡散型で表現した。

図3(b), (d)はケースW1及びW7の場合について造波後10分及び30分で波流れと地形変化の相互干渉を考慮して計算を行った60分後の水深変化の等深線を示す。実験結果と比べると右岸砂州の形成位置が実験よりも沖側になっているものの、河口砂州形成、河口閉塞がよく再現できた。なお、これらの計算において、浮遊砂による水深変化量は高々10%以下であった。

4. あとがき

河口閉塞過程の実験において、斜め入射する波浪のみが作用する場合は、来襲波の諸元に関わらず沿岸漂砂の上手側(右岸)から河口砂州が伸延し、入射波高6cmの場合、河口水深が入射波高以上のケースでは造波後60分までに完全閉塞が生じた。しかし、同様の入射波で、河口水深が入射波高の1/2以下のケースでは海浜部の水深と河口水深の差が小さくなるため、沿岸漂砂の不連続が小さくなり、砂州の伸長速度が河口水深が深い場合に比べて遅く、60分まで閉塞が生じなかった。河口閉塞が生ずる限界河口水深が存在することは推定されるが、今回の実験ではその限界水深は見出すことはできなかった。また、一定の河川流が波と同時に作用する場合には河口の流水断面積の減少が抑えられ、流量の規模に関わらず河口閉塞は生じないことが分かった。また、3次元水深変化予測モデルを用いて、波浪場の厳密な計算ならびに波流れと地形変化の相互干渉を適切な時間ごとに考慮することにより河口砂州形成、河口閉塞の過程が精度よく再現できた。

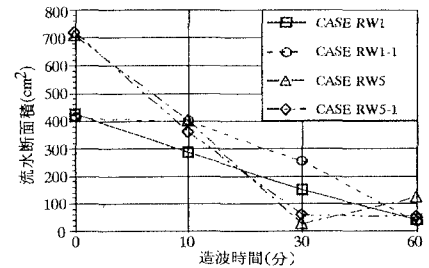


図2 河口の流水断面積変化

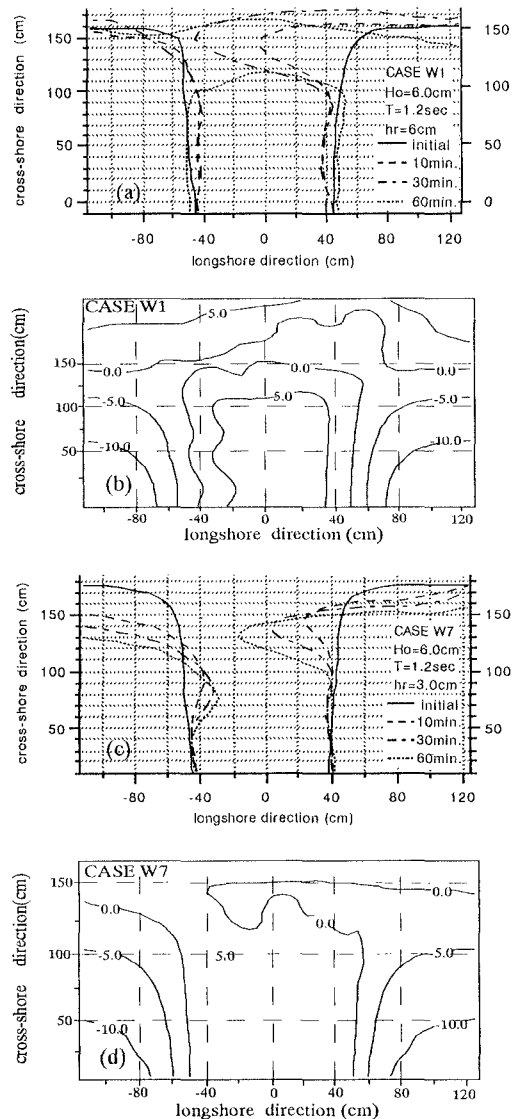


図3 地形変化の測定値と計算値(河口水深3cm, 6cm)