

サンドバイパスにおける投入砂の流出制御

宇多高明*・小 俣 篤**・山本幸次**

1. ま え が き

近年、我国では侵食傾向をもつ海岸が多くなり大きな問題となっている。海岸侵食の原因は種々のことが考えられるが、主なものとして河川からの流出土砂量の減少、防波堤等による漂砂の阻止があげられる。沿岸漂砂の卓越する海岸に防波堤等の沿岸漂砂を遮断する構造物を設置すると、沿岸漂砂の連続性が断たれ構造物上手で堆積が、下手で侵食が生じる。この対策としては、構造物の上手に堆積した土砂を下手に投入するサンドバイパスにより、沿岸漂砂の連続性を確保するのが最も有効である。サンドバイパスにより漂砂の連続性を確保しようとする場合、砂ポンプ等により連続して沿岸漂砂にみあう砂量を投入する方法と、トラック等により一度に大量の土砂を投入する方法とがある。現在、駿河海岸では後者の方法による施工が行なわれている¹⁾が、海岸に投入された大量の土砂は砂突堤状に突出するため、下手への流出量が相対的に大きくなり、沿岸漂砂のバランスを保てなくなる可能性がある。サンドバイパスにより、沿岸漂砂の存在下で海浜を安定させる場合、その海浜の漂砂量と等しくなるように投入砂を流出させる必要がある。そこで、移動床平面実験により、一度に大量の土砂を投入するサンドバイパスにおいて、砂突堤状に投入された砂の流出特性を調べ、その結果と比較して、砂突堤の下手に付帯構造物を設置することにより流出砂を制御できるかどうかを検討した。実験においては、駿河海岸を想定して、海浜形状、波浪を決定した。

2. 実験方法

実験は図-1に示す平面水槽を用いて行った。海浜模形は中央粒径 0.28 mm の粒度調整砂を用い、図-1 に等深線で示した駿河海岸の代表断面形²⁾を無歪の 1/30 縮尺とし、沿岸方向に一樣に製作した。導波板は Snell の法則により図のように曲げたが、上手側 ($x=0$) では突堤を想定して汀線より 2 m について汀線に対し直角に設置

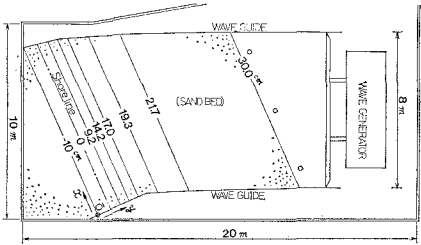


図-1 実験水槽

した。波浪条件は、現地で沖波換算波高 $H_0'=90$ cm、周期 $T=8$ sec、碎波角 $\theta_0=10^\circ$ とし、1/30 縮尺に設定した。

実験は、表-1 に示すケースについて行った。予備実験では、与えられた波浪条件に対する直線海浜での漂砂量を求める。その結果によって、投入砂量及び実験時間を決定し、付帯構造物の無い場合及び設置した場合についての実験を行った。実験において全沿岸漂砂量のデータが必要であるため、地形測定の結果より算出した。地形測定は、沿岸方向に 50 cm ピッチ、岸沖方向に 10 cm ピッチとして、砂の投入部は細く測定した。

表-1 実験ケース

予備実験	投入砂無.
Case 1	投入砂有. 付帯構造物無
Case 2	投入砂有. 付帯構造物有 (突堤 1)
Case 3	投入砂有. 付帯構造物有 (突堤 2)
Case 4	投入砂有. 付帯構造物有 (離岸堤)
Case 5	投入砂有. 付帯構造物有 (潜突堤)

3. 投入砂の流出 (砂突堤の変形)

(1) 砂の投入条件

予備実験の結果、 $H_0'=3.5$ cm、 $T=1.46$ sec の波浪条件に対する直線海浜での全沿岸漂砂量 $Q_0=28.6$ l/hr が求まった。この値をもとに砂の投入量及び実験時間を決定する。尚、以後の実験は全てこの波浪条件を用いて行

* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
** 正会員 建設省土木研究所海岸研究室

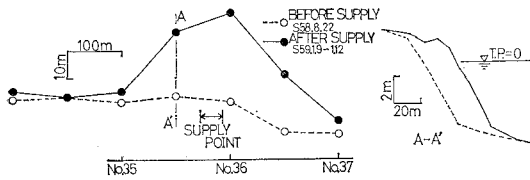


図-2 現地での土砂投入形状

った。

図-2に現地での土砂投入形状を示す¹⁾。約6万 m^3 の砂が42日間でトラックにより投入された。図によると投入した砂は円弧状に広がり、断面はほぼ元の前浜付近と同じ勾配となっている。そこで、実験における投入形状は円錐台状とし、側面の勾配は前浜勾配と同じにした。図-3に投入状況を示す。砂は図に示すように突堤(導波板)のすぐ下手に投入し、投入量は Q_0 の4時間24分相当126 l とした。

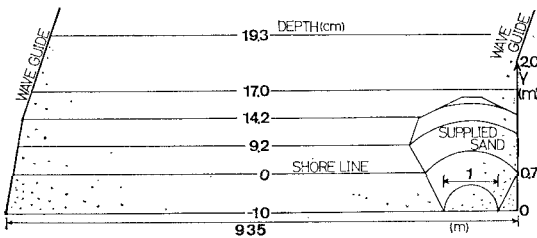


図-3 実験での投入形状

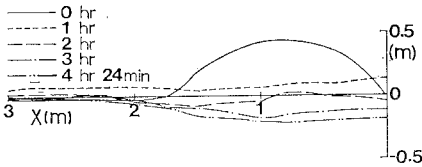


図-4 汀線変化図

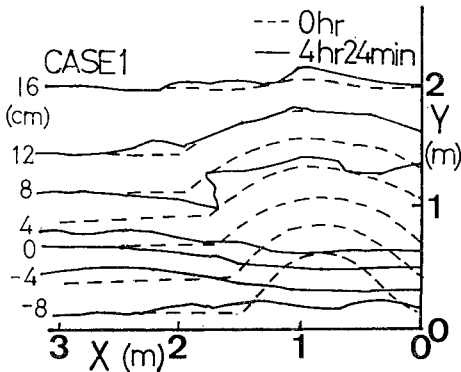


図-5 等深線図

(2) 投入砂の流出

以上の投入条件のもとで、Case 1として付帯構造物のない場合の実験を行った。図-4は4時間24分までの汀線変化を示したものである。汀線は2時間ではほぼ投入前の状態まで後退しており、4時間24分ではかなり侵食状態となっている。また、図-5には4時間24分での等深線図を示したが、水深 $h=12$ cm以深では変化していないものの、それ以浅では投入前よりも侵食状態になっていることがわかる。このことは、一度に大量の土砂を投入する形式のサンドパイプスでは、漂砂の連続性を継続的に保てないことを意味する。

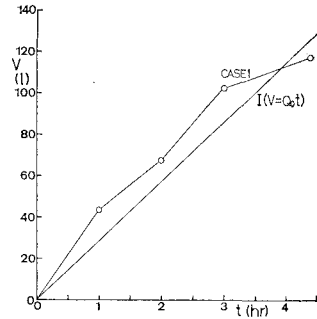


図-6 投入砂の累積流出量

次に、投入砂の流出過程を見る。流出量の変化を見る断面として $x=1.75$ mの岸沖断面を選び、投入部($x=0\sim 1.75$ m)で投入砂の累積流出量 V を調べた。図-6がその結果であるが、図の中には漂砂の連続性が保たれているとしたときの理想的な流出直線 I

$$V = Q_0 t \dots\dots\dots (1)$$

を示してある。

図によると、砂突堤状に投入された場合には明らかに初期の流出が大きく、相対的に沿岸漂砂量が增大することがわかる。後半 V の変化が鈍くなるのは侵食が進んだためである。図-6によると、実験値は4時間24分後には直線 I より下まわっており、結果的には流出量が相対的に小さく、投入砂があまったように見られる。しかし、図-7の断面図にも明らかのように、 $h=8$ cm以深の砂は残っており、円錐状の投入形状なので波の作用を受けていない砂量はかなり多くなる。図-6の結果

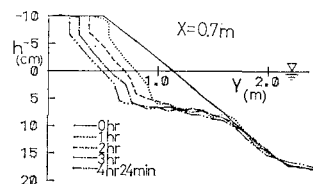


図-7 断面変化図

は、初期の流出が激しく後半侵食が進みすぎて地形が安定化し始めたため生じたものであり、砂が $h=8\text{ cm}$ 以下に全て投入されていれば、投入砂の累積流出量は直線 I を大きく上回ることになる。

これらの結果より、一度に大量の土砂を投入する形式のサンドバイパスにおいては、漂砂の連続性を継続的に保つために何らかの対策が必要になることがわかる。そこで Case 2～Case 5 では、対策として付帯構造物を設置して流出制御が行なえるかどうかについて検討した。

4. 付帯構造物による流出制御

(1) 構造物の選定

構造物としては、従来より沿岸漂砂によって生じる侵食対策に用いられてきている突堤と離岸堤を選んだ。図-8 に構造物の模式図を示す。本来、これらの構造物は沿岸漂砂を抑える働きを期待するものであるが、ここでは制御し流すという効果を求め、構造物のスケールは図に示したように小さなものを用いた。尚、構造物は全て 3 cm 厚の合板を用い、不透過のものとした。

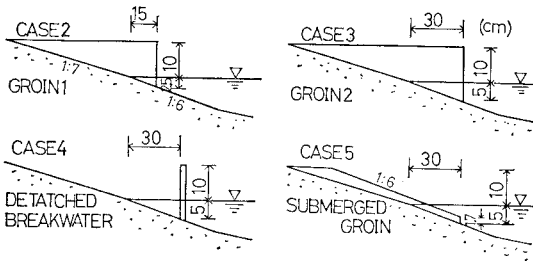


図-8 構造物の模式図

これらの構造物は、汀線において投入砂のすぐ下手 $x=1.88\text{ m}$ に設置された。以下の実験では、初期の流出が激しいことから実験時間を 2 時間 30 分とし、初期の流出に着目した。

(2) 実験結果

図-9 に汀線の経時変化を示す。Case 2 の突堤 1 では 2 時間 30 分まで投入部の汀線は徐々に後退している。一方、突堤下手は 1 時間 30 分まで突堤を埋める形になっていたが、以後後退し初期汀線までもどっており、投入部の地形が安定し砂の流出が減少したことがわかる。Case 3 の突堤 2 では投入部の地形はほぼ安定してしまい、下手側の侵食が進んでいる。Case 4 の離岸堤の場合は、20 分後の汀線よりほぼ一様に後退し、2 時間 30 分では下手が初期状態よりやや後退している。Case 5 の潜突堤も投入部の後退はほぼ一様であるが、他の構造物とは異なり構造物下手も含めて、全体的に一様に後退している。

このように構造物それぞれに特有な流出形態が見られ

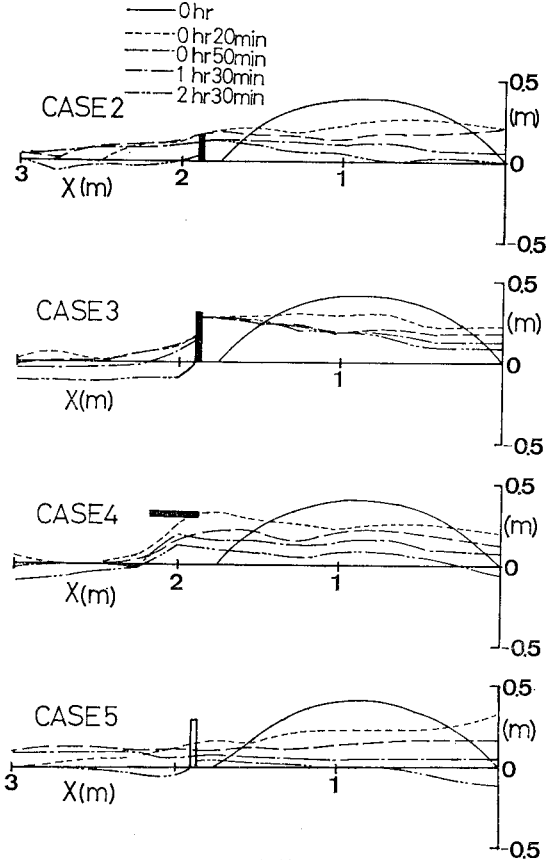


図-9 汀線変化図

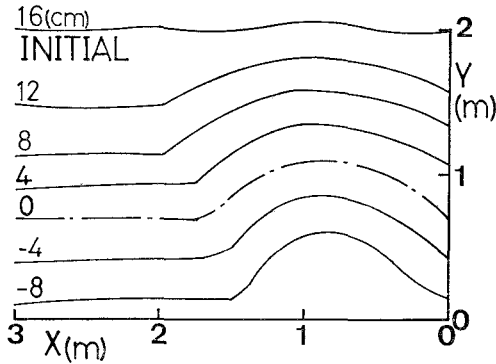
ることがわかった。流出形態には 3 次元的にも特徴があると考えられるため、次に等深線図によって各ケースを比較する。

図-10(b)～(e) は 2 時間 30 分における各ケースの等深線図である。(a)には比較のため初期状態を示した。

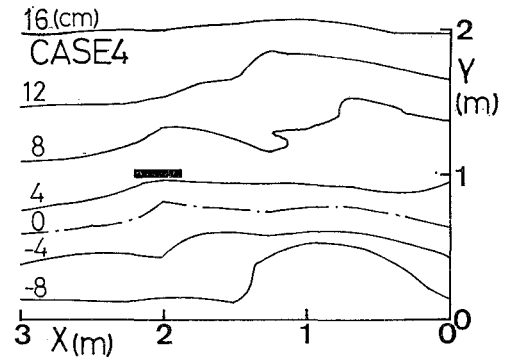
突堤はその先端で浅い沿岸漂砂は完全に遮断する。汀線が後退するにつれ遮断する水深は深くなり、その水深で浅い等深線は不連続となる。(b)(c)の図からはその状態がよくわかり、突堤の長さの違いは投入部が安定し流出砂がなくなる時間の違いとして現われてくる。突堤 2 では、投入部はほぼ安定してしまっているため、突堤下手が侵食され急勾配化していることがわかる。

離岸堤は直接構造物が砂の流れを遮断しないため、(d)に見られるように、等深線は離岸堤背後で屈曲し連続している。離岸堤の場合、投入部の後退が進み安定化してくると、砂の流出は下手の後退に依存してくるため、2 時間 30 分で下手が侵食状態になっていると考えられる。

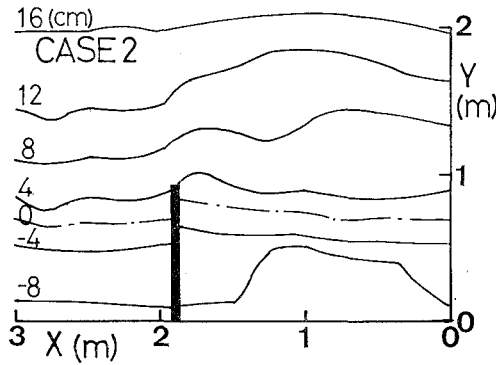
潜突堤は初期において完全に埋まってしまい、以後流出堰のように機能する。(e)に示すように潜突堤では設置部の等深線に段差がみられ、その上手と下手の等深線 ($-4\text{ cm} \leq h \leq 4\text{ cm}$) はそれぞれ平行になっている。



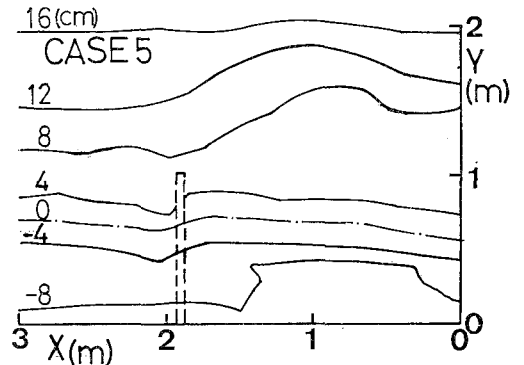
(a) 初期状態



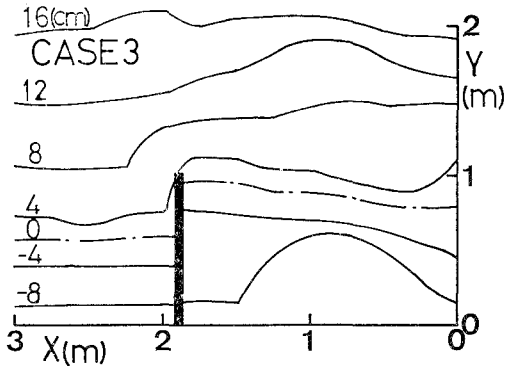
(d) Case 4 (離岸堤)



(b) Case 2 (突堤 1)



(e) Case 5 (潜突堤)



(c) Case 3 (突堤 2)

図-10 等深線図

以上、汀線と等深線の変化より、各々の構造物がもつ投入砂の流出制御の特徴について述べてきた。各構造物の効果を定量的に知るためには、投入砂の流出量変化を調べる必要があり、付帯構造物の無い場合と同様に投入部 ($0 \leq x \leq 1.75$ m) の累積流出量 V を求めた。図-11 にその結果を示す。図中には図-6 に示した Case 1 の結果及び直線 I も記してある。流出制御の目標は、流出形態を漂砂の連続性が理想的に保たれる直線 I に近ずけるこ

とにある。尚、突堤 1、突堤 2 では後半減少（堆積）傾向となっているが、これは地形測定が精度が悪かったことによるもので、 V はほぼ一定であると考えられる。

図より、Case 3 はすぐ安定してしまい、Case 2 も初期の流出は大きい後半安定してしまうことがわかる。これは、突堤そのものが沿岸漂砂を完全に遮断する機能をもつため、短い突堤の場合は初期にはほぼ埋まってしまう形になるため初期流出が大きくなる。沿岸漂砂の岸沖分布を考慮すると、突堤は初期においては Swash からごく浅い部分の漂砂しか遮断し得ず、投入部が後退するとほぼ全面的に漂砂を遮断するため、時間的に一樣な流出制御効果を期待しにくいものと考えられる。

Case 4 の離岸堤は直接構造物が沿岸漂砂を遮断しないため、流出制御も時間的に大きく変化していない。また、投入部の後退が進行し安定してきても、下手の侵食に応じて砂が流出するため、下手の侵食が許される範囲で後半の流出も期待できる。

Case 5 の潜突堤の場合、ほぼ付帯構造物のない場合と同じ流出状況になっているが、底面からの高さを大きくすることにより制御効果を上げることが期待できる。潜突堤の場合は流出堰のような形で Swash から潜突堤

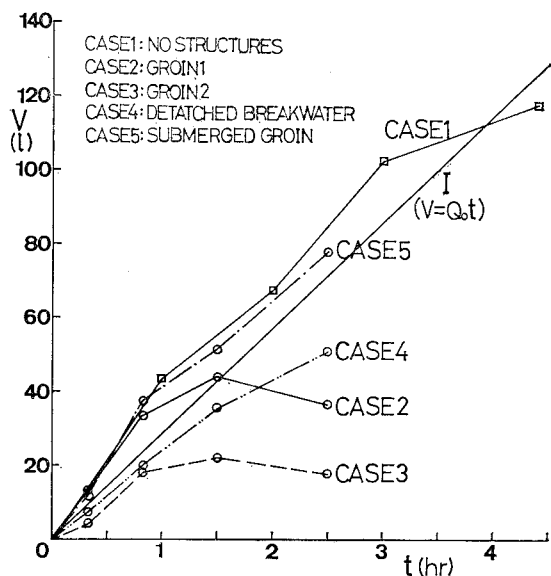


図-11 投入砂の累積流出量

先端までの漂砂を通過させるため、その効果は構造物の諸元をうまく決定すれば、時間的にはほぼ様なものとして考えることができると思われる。

5. 結 び

沿岸漂砂の卓越する直線海浜に一度に大量の土砂を投入する形式のサンドバイパスを行う場合、投入された砂は流出が激しく、投入量にみあった時間よりも早く流出してしまう。そのため、流出を制御するための付帯構造物について検討した結果、突堤、離岸堤、潜突堤の各々に特徴的な流出制御能力が明らかになり、実験数の制約上定性的ではあるが、構造物の諸元を適切に決定すれば効果的な投入砂の制御ができることがわかった。

尚、実験にあたっては、建設省静岡河川工事々務所より貴重な資料を頂いた。ここに付記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 建設省河川局・運輸省港湾局： 海岸部における砂輸送システム調査報告書，1984.
- 2) 宇多高明・古川博一・筒井保博： 離岸堤模型実験報告書，土木研究所資料第2219号，pp. 2～5，1985.