

石川海岸における漂砂機構

田中茂信* ・佐藤慎司** ・川岸眞一***
石川俊之**** ・山本吉道***** ・浅野 剛*****

1. ま え が き

著者らは、図-1 に示す石川海岸において現地調査を実施し、当海岸では沖合い侵食が顕著であり、波によって沖へ移動した漂砂が、北向き海岸流に乗って流失してしまうことを明らかにした(田中ら, 1996)。しかし、流失量に等しい流入量があれば、侵食は生じない。本海岸の侵食はダムなどの土木施設が設置される昭和以前から生じており、主要河川からの近年の供給土砂量低減のみに、侵食原因を求めるわけにいかない。それゆえ、平成7・8年度に、浮遊砂、水深変化等の現地観測だけでなく、土砂収支を明らかにするための深淺測量や底質調査も実施した。以下に、その結果を報告する。

2. 調 査 内 容

漂砂実態の詳細把握のために、田中ら(1996)の調査

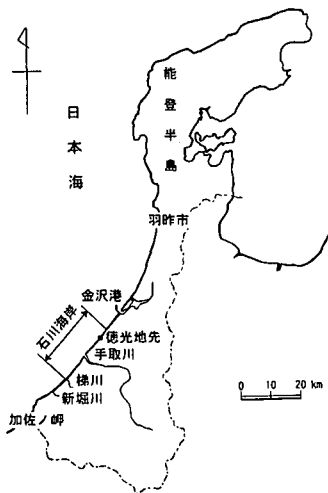


図-1 石川海岸の位置

- * 正会員 工修 (前)建設省土木研究所海岸研究室長
- ** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
- *** (前)建設省金沢工事事務所 流域対策課長
- **** (前)建設省金沢工事事務所 流域対策課係長
- ***** 正会員 工博 (株)アイ・エヌ・エー海岸環境部
- ***** (株)アイ・エヌ・エー海岸環境部

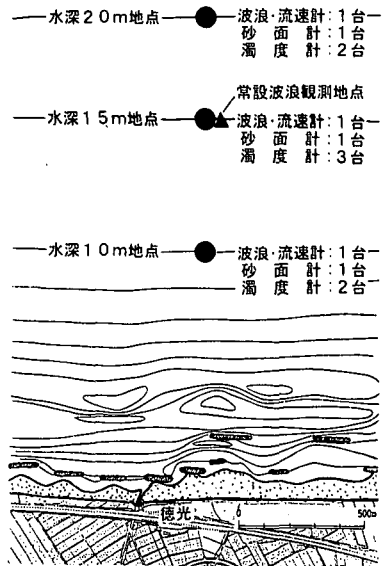


図-2 徳光地先波浪観測地点

に引き続いて、図-2 に示す徳光地先の建設省波浪観測常設地点(水深 T.P.-15 m)を中心に、高波時に碎波位置となる水深 T.P.-10 m 地点と碎波帯沖側となる水深 T.P.-20 m 地点で、波浪と流速(波浪計で毎正時20分間)、浮遊砂(濁度計を海底面から0.7 m上と2.5 m上に設置して連続)、水深変化(砂面計で連続)の測定を、1996年12月27日からほぼ1月間実施した。

また、石川海岸より南側の海域には露岩域が有ることが知られていたが、これが広範囲で広がっているならば、北向き海岸流による漂砂の供給が妨げられ、本海岸の沖合い侵食を助長させ易いことを意味するので、ダイバーによる底質採取を平成7年3月に、超音波測定による砂層厚調査を平成8年5月～6月に実施した。

以上の調査結果をもとに、深淺測量データ解析を行い、土砂収支を明らかにした。

3. 調 査 結 果

(1) 現 地 観 測

測定状況が良好な水深20 mと10 m地点の観測デー

タについて時系列図を作成し、風、波浪、流速、濁度、および、砂面変動相互間の関係について調べた。

- a) 図-3の①は徳光陸上部での平均風速、②は水深 20 m 地点での有義波周期、③、④は有義波高と波向によるベクトルである。波高と周期は海風の強風と良い相関を示している。有義波高の最大値は 6 m (最大波高で 10.8 m) で、卓越波向は海岸線に直角な北西である。ただし、本海岸の長期波浪観測記録によると、長期間の卓越波向は北北西で、波による沿岸漂砂の卓越移動方向は南向きである (建設省, 1990 年以降)。
- b) 図-3の⑤、⑥は各水深地点での海底から 0.7 m 上の平均流速である。表層の流速が 10 cm/s (細砂が動き出す限界流速) をしばしば越えることはよく知られているが、水深 20 m 地点の底層流もしばしば 10 cm/s

を越えていることは注目すべきことである。強風によって流速が強い時の流向は、両地点共に海岸線に平行な北東を向いている。これは、強風時の風向が北を基準に 190° から 360° の範囲にあり、この内の海岸線に平行な風向成分によって、吹送流が発達し易いからと考えられ、海上保安庁水路部の長期間記録との整合性も良い。なお、風向が 360° 前後で継続している場合には、海岸流は南西方向を向いている。

- c) 図-4の①、②は各々水深 15 m 地点での有義波高と波向、および、平均流速のベクトルである。③、④と⑥、⑦は各々水深 20 m と 10 m 地点での濁度であり、2.5 m, 0.7 m は海底面から各センサーまでのの高さを示す。濁度は、波が立ち、流れが激しい時に高くなっており、この時の海底面から 2.5 m 上の値は、同 0.7 m

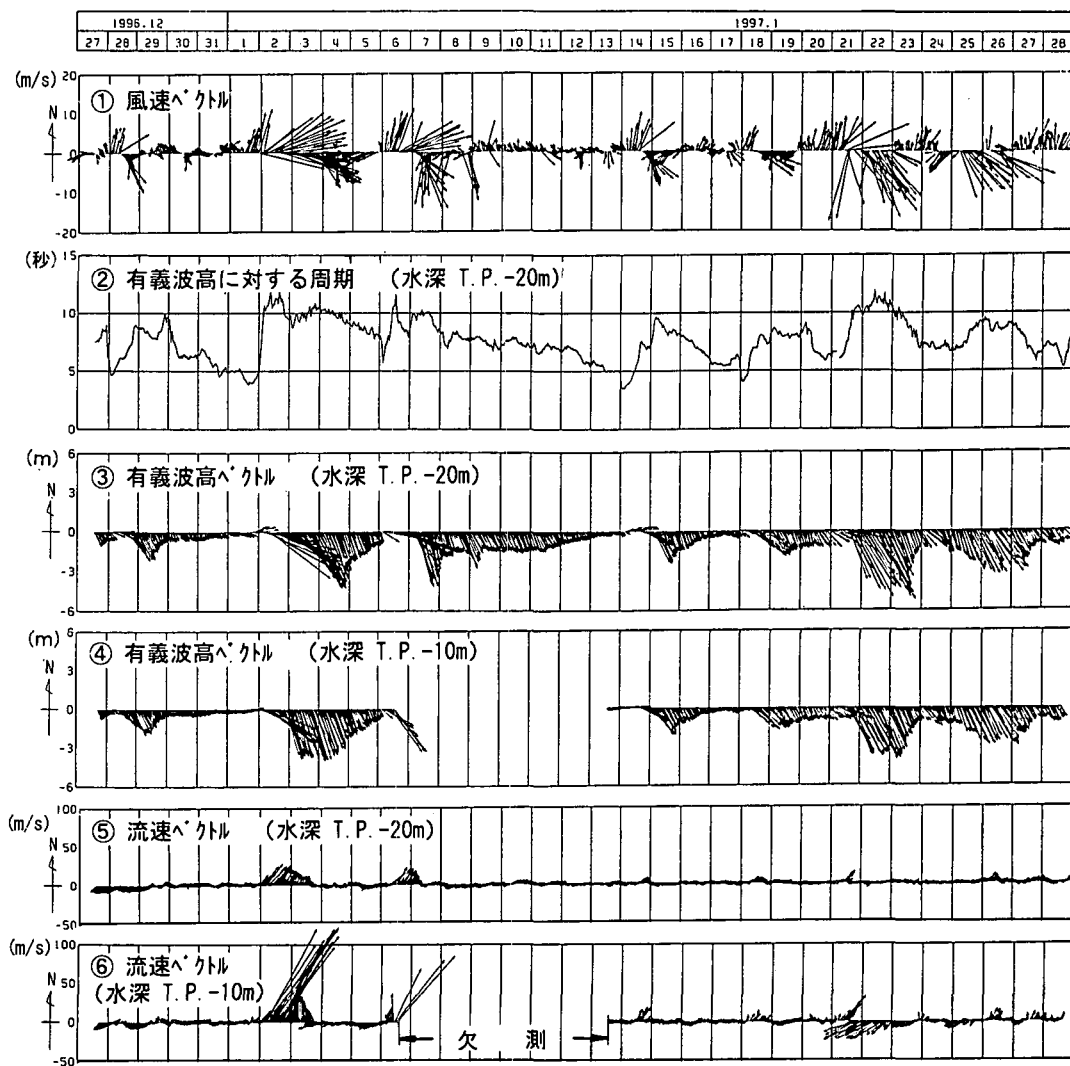


図-3 風速・波浪・流速の経時変化

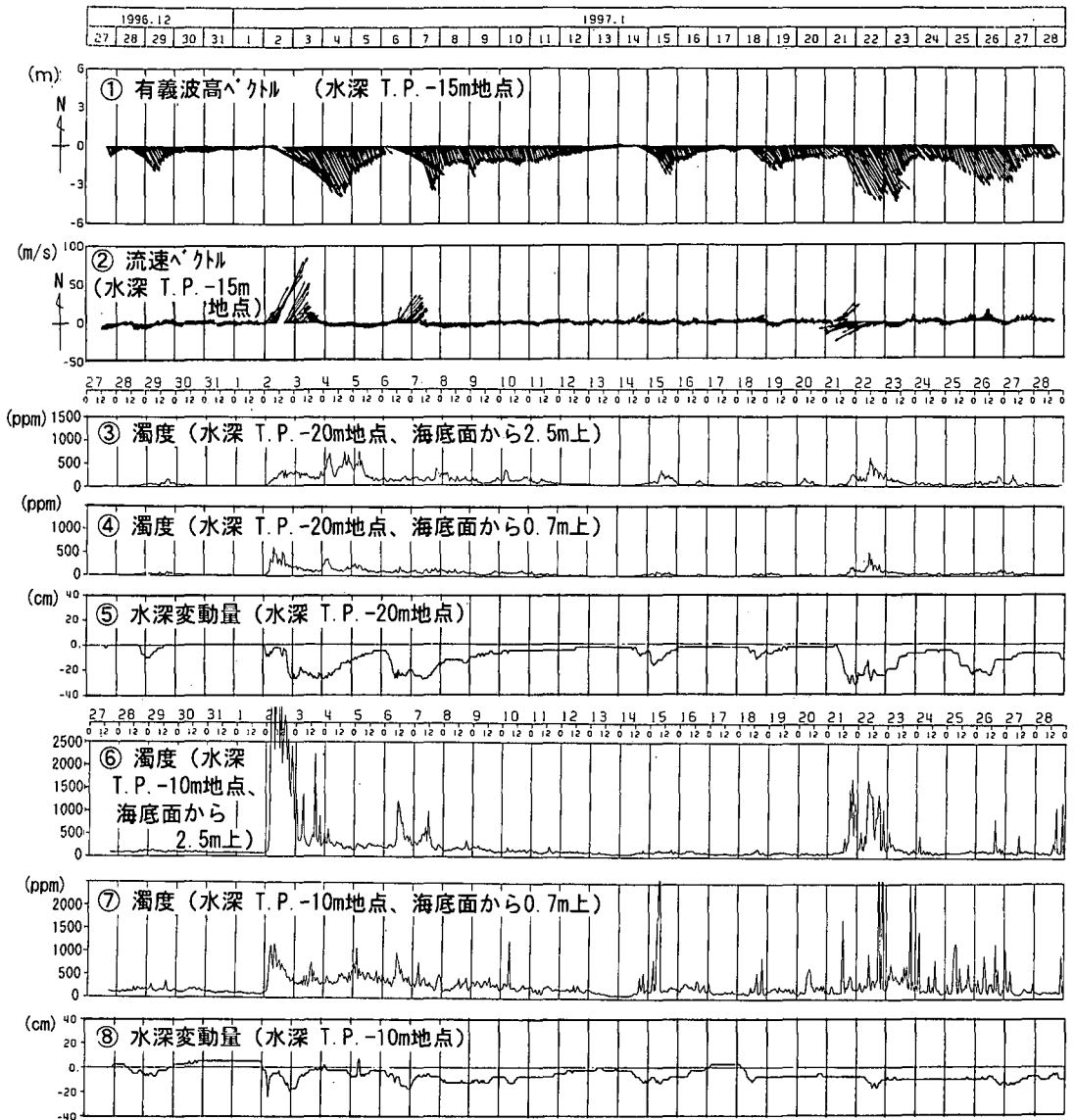


図-4 波高・流速と浮遊砂濃度・水深変動の経時変化

上の値と同程度かこれを上回っている。海底面から0.7 m上の架台用パイプの中に溜まっていた中央粒径0.165 mmの砂を用いて、濁度のキャリブレーションを行なったものの、浮遊砂の粒径の違い等によって濁度計の感度が相当に違ってくるので、データの信頼性に疑問が残されているが、少なくとも、海底面から2.5 m上の濁度が、時化時に同0.7 m上の値と同じオーダーになるとは言えるであろう。

d) 図-4の⑤と⑧は各々水深20 mと10 m地点での水深変動量の経時変化であり、マイナス側が侵食を表す。水深変動と濁度の相関も比較的良く、波の発達時に急激に侵食し、波の減衰時に元へ戻ろうとするが、観測

全期間の傾向としては弱い侵食と見なせる。なお、水深10 m地点の1月18日以降のデータは、センサーの穴に底質が詰まったためか、変動が鈍くなっている。

(2) 底質粒径と砂層厚

平成7年3月の採取データに、それ以外の既存データも加えて作成した底質粒径分布を図-5に示す。北側ほど粒径が小さくなっており、時化時に強くなる海岸流によって、細砂分が北側海域へ運ばれていると考えられる。

平成8年度調査による砂層厚平面分布を図-6に、A-A'とB-B'での断面分布を図-7に示す。沖積層を砂層として扱っているが、南部海域で砂層厚が極端に薄くなり、露岩域が新堀川以南に広く分布している様子が

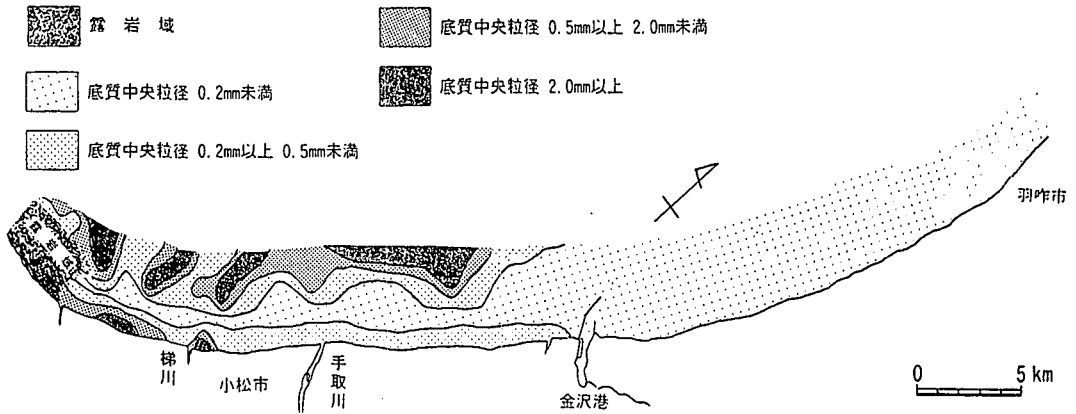


図-5 一連の漂砂系を有する海域の底質中央粒径分布

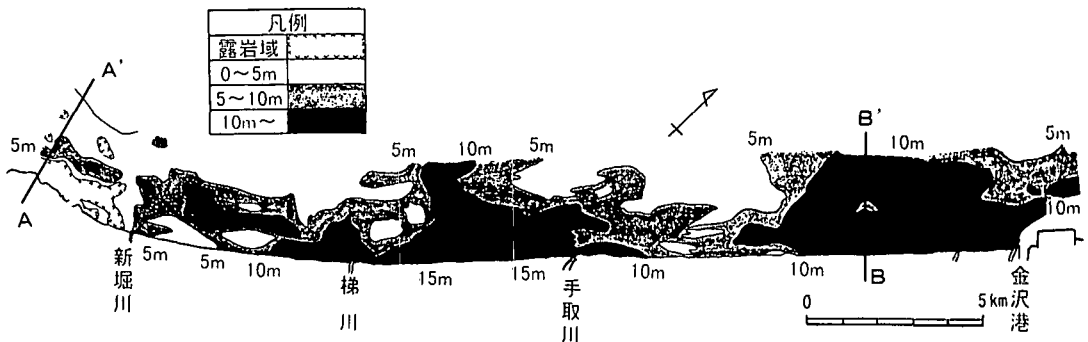


図-6 石川海岸とその周辺海域の砂層厚平面分布



図-7 A-A'とB-B'の砂層厚断面分布

判る。したがって、北向きに卓越する海岸流による漂砂に対して、新堀川以南からの供給量は不足しがちと考えるのが妥当と判断される。

4. 土砂収支の検討

本海岸では深浅測量を1960年ごろから実施している。このデータに他海域の測量データも加え、さらに今回の調査成果も考慮して、1979年(手取川ダム建設)以降の土砂収支を検討すると、図-8に示すようになった。

図中で破線の四角枠で囲んだ数値は、深浅測量データと空中写真による土砂侵食量の経時変化から見積もった。実線の四角枠で囲まれた6万 $\text{m}^3/\text{年}$ は、離岸堤群の設置による堆積量であり、深浅測量データの側線間隔が100m~400mと、これを求めるには粗すぎるので、空中

写真による汀線比較検討から見積もった。金沢港側への移動量(Q_{out})13万 $\text{m}^3/\text{年}$ は、金沢港工事事務所から提供して頂いた深浅測量データを用いて、防波堤先端(T.P.+15m)までの水深変化量を集計して得られた堆積量である。また、主要な漂砂供給源である手取川からの土砂流入量4.3万 $\text{m}^3/\text{年}$ は金沢工事事務所の手取川土砂動態研究会で得られた数値である。

さらに、図中で、高波時の碎波位置となる水深10mで分割したのは、これより陸側海域では波による沿岸漂砂が卓越し、沖側では北向海岸流が卓越していると思えるからである。そして、波による沿岸漂砂は、長期間の卓越波向や防波堤等の海岸構造物周辺での砂の付き方から、南側へ卓越して移動していることが判っており、石川海岸の外への移動量は α 万 $\text{m}^3/\text{年}$ で現わしている。ま

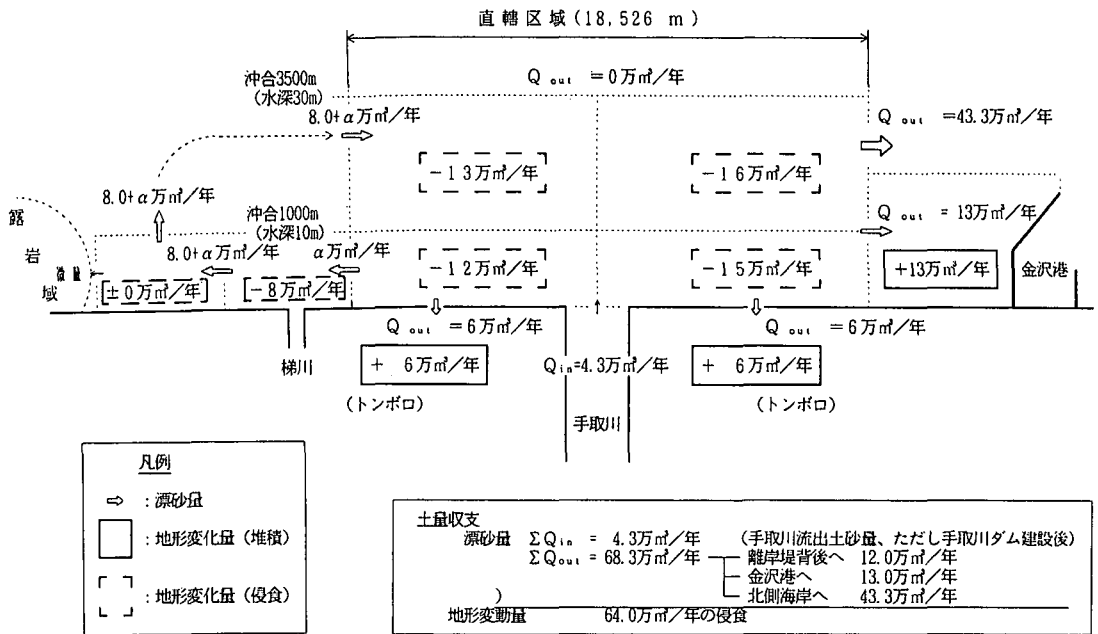


図-8 石川海岸とその周辺海域の土砂収支

た、新堀川以南に顕著な堆積域が認められないことから、露岩域に到達するまでに、相当量が離岸堤等によって捕捉されたり、波によって沖へ移動し、海岸流によって北側海岸へ流失していると見なした。

これらの検討結果に加えて、深浅測量による海底断面図に、水深 30 m 付近になると水深変化がほとんど認められなくなることから、ここより沖合いへの土砂流失は無いと見なせば、北側海域への流失土砂量は 43.3 万 m³/年となった。

5. ま と め

以上の調査から、下記のような結論を得た。

(1) 時化時には、急激に波浪と流れが発達し、これに呼応して浮遊砂濃度が高くなり、水深も深くなる。この時の浮遊砂の濃度は、海底面から2.5 m上でも0.7 m上と同じオーダーとなる。その後の外力と浮遊砂濃度の低下は比較的緩やかであり、水深も徐々に元へ戻ろうと

する。

(2) 底質粒径は北側海域ほど小さく、北向き海岸流の卓越性を明瞭に示している。また、南側海域には露岩域が広がっており、ここからの漂砂の供給は少なく、沖合侵食を助長させていると考えられる。

(3) 土砂収支の検討より、石川海岸とその周辺海域から43.3万m³/年もの流失土砂量が見積もられ、根本的な土砂供給不足状態にある。沖合いでの侵食は、碎波帯内における海浜変形に比べて遅い速度で進行するものと考えられるが、大規模な領域で進行する現象であるため、根本的な対策が必要である。

参考文献

- 田中茂信・佐藤慎司・川岸眞一・石川俊之・山本吉道 (1996): 石川海岸の沖合における漂砂機構, 海岸工学論文集, 第 43 巻, pp. 551-555.
- 建設省河川局海岸課 (1990+): 海象年表 (第 11 回+).

地下水位低下工法による海浜安定化のメカニズムに関する一考察

福島 雅紀*・西村 仁嗣**・木村 孝次***

1. 序 論

日本の海岸は全国的に慢性的な侵食問題を抱える現状となっている。近年の環境問題と相俟って、景観に配慮した海浜保全法として地下水位低下工法が注目されている。地下水位を低下させるいくつかの工法のうち本研究で対象としているのは、前浜の地下水を強制的にポンプアップすることにより、地下水位を低下させ海浜の安定化を図るものである。これまでにこの工法の効果を確認するために、いくつかの実験結果が報告されてきた(Machemehlら, 1975)。また、遡上波の戻り流れや碎波帯の流れの場に及ぼす影響も論じられているが(佐藤ら, 1995),以下に示す実験では地下水吸水に伴う砂の締め固めが重要な要因と考えられた。

本研究では、断面実験により前浜地下水位の状態が海浜変形に及ぼす影響を調べてきた(福島ら, 1996)。比較的細粒の砂を実験に用いたこともあって、実験の継続とともに吸水流量の減少が見られたが、海浜安定化の効果は持続された。そこで、砂の締め固まりと海浜過程の関連に目を向け、この現象について考察を加えた。その際、砂浜内部の状況を把握するために、浸透流の流況および間隙水圧の分布を数値計算により再現した。

2. 実 験

2.1 概 要

実験装置としては、全長 17 m、幅 0.1 m、高さ 0.6 m の波浪水槽内に中央粒径 0.14 mm、均等係数 1.37 の砂を用い、勾配 1/20 の砂浜を設けた。地下水位を測定するために、マノメータを用いた。マノメータは水槽底面から 5 cm 上方に、岸沖方向 30 cm の間隔で 34 箇所を設置した。陸側地下水位を沖側の平均水位と独立に設定できるように、陸側の水槽は沖側とは分離してある。

実験では、地下水位の状態および沖波条件を制御して、波を作用させ始めてから 1 時間毎に海浜形状、地下水位、およびドレインから吸水している場合は吸水量を測定し

た。地形の測定間隔は 5 cm である。実験は約 5 時間にわたって続いた。図-1 に制御した地下水位の状態の概念図を示す。Case A, B, C は陸側の地下水位が平均水面に対して、それぞれ高い、同じ、低い場合、Case D, F はそれぞれ汀線直下、碎波点付近で水を吸水した場合に相当する。Case E の地下水位が盛り上がっているのは、ドレインから砂中に水を吐き出(排水)した場合である。

沖波条件について整理すると、表-1 のようになる。表最右列の C_s は実験室における海浜プロファイルのタイプ分けを表す式 $H_0/L_0 = C_s(\tan \beta)^{-0.27}(d/L_0)^{0.67}$ 中に現れる無次元定数である。ここで、 H_0 は沖波波高、 L_0 は沖波波長、 d は底質の粒径、 $\tan \beta$ は初期の海浜勾配を表す。以上の条件を組み合わせる実験が行われたが、Case F に対しては No. 2 および No. 4、Case E に対しては No. 4 の沖波条件のみを適用した。

2.2 実験結果

代表的な結果として、侵食型の沖波条件 No. 2 および堆積型の沖波条件 No. 4 の実験結果を示す。図-2 およ

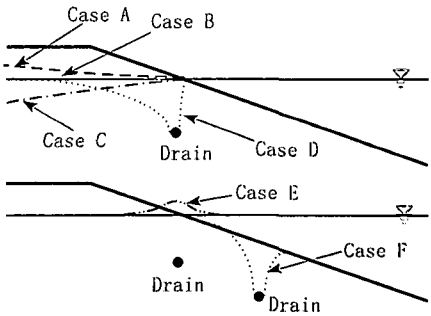


図-1 地下水位の状態

表-1 沖波条件

No.	波高(cm)	周期(s)	波形勾配	C_s
1	2.6	1.0	0.019	4.1
2	5.0	1.0	0.038	7.8
3	7.5	1.3	0.038	9.8
4	1.8	1.6	0.008	2.4

* 学生会員 工修 筑波大学大学院 工学研究科
** 正 会 員 工博 筑波大学教授 構造工学系
*** 学生会員 筑波大学大学院 理工学研究科