

干潟海岸における底泥移動の現地観測

木原 力* ・ 高橋 誠** ・ 松本正昭***
養父恒夫****・ 川又良 —*****

1. ま え が き

干潟海岸のような粘土やシルトが広く堆積している海域では、僅かな外力でも変形・移動する底泥層が形成されており、波や流れの変化によりその底泥が容易に移動することより、海域の水質の悪化や、港湾の航路や泊地内の埋没原因となる場合が少なくない。

このような波と流れによる底泥の移動に関する研究は、基礎的な移動機構に関するものや¹⁾、数値計算による現地航路の埋没量の試算等²⁾があるが、現地における実際の底泥の移動に関する観測例は比較的少ないようである^{3),4)}。

本報告は、波と流れの作用下での底泥の移動現象を把握するための基礎的な資料を得る目的で、干潟海岸において実施した2年間にわたる調査の初年度の中間的な報告として、その観測結果を報告するものである。

2. 現地観測概要

現地観測は、図-1の島原湾に面した熊本市前面海域において、試験的なポケットを開削し、その内部への泥の堆積過程の追跡調査、及び周辺の波浪や海底面付近の流れと底泥の浮遊量について行なった。ポケットの開削は、図-1に示した①～③の3地点に、図-2に示したような底部で50×30m、深さ2mの形状で行なった。また、その内の③の浚渫区域の周辺には潜堤による底泥の流入防止効果を検討するために高さ1mの潜堤を設置した。

観測は、荒天の多い冬期を対象として昭和61年12月17日から62年3月17日までの3ヶ月間にわたって、ポケット浚渫区域の堆積状況を把握するための定期観測と荒天時を対象とした底泥の浮遊や波・流れ等の観測を行なった。各観測項目及び観測要領は以下のとおりである。

(1) 泥の堆積量観測

各ポケット浚渫地点内の底面に目視観測用の目盛杭を10本設置し、定期観測時、及び荒天時観測の前後について目視による堆積厚の観測を行なうと共に、音響測深機を用いて、浚渫区域とその周辺について定期観測時に深浅測量を行なった。

(2) 波浪・潮位観測

図-1に示す観測塔(D.L. -4m)に設置されている超音波式波高計と潮位計のデータを整理し、観測期間中の海象状況を観測した。

(3) 流 況

図-1に示す①浚渫地点に近い観測塔付近と、②浚渫地点近くの鋼管杭(D.L. -2m)付近、及び①、②浚渫区域内の4地点に自記式電磁流速計を設置し、海底面

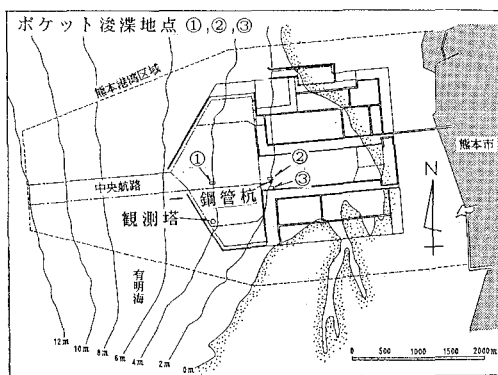


図-1 観測位置

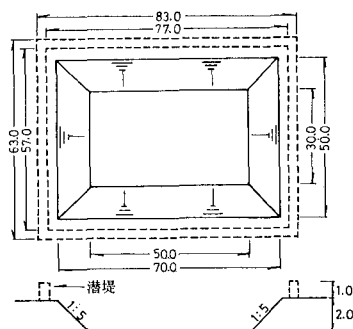


図-2 ポケット浚渫形状

* 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所所長
** 正会員 運輸省第四港湾建設局八代港工事事務所所長
*** 運輸省第四港湾建設局八代港工事事務所熊本工場長
**** 運輸省第四港湾建設局八代港工事事務所第二工務係長
***** 正会員 株式会社 エコー 第一技術部調査課

上 0.3m と 2m の 2 層について、流向・流速を観測した。測定は、荒天時を対象に行ない、20 分毎に 4 分間(サンプリング間隔 0.5 sec) のデータを取得し約 3 日間の連続観測とした。観測結果は、平均流速・流向、及び波による軌道流速振幅、軌道流速の卓越方向について整理した。

(4) 底泥の浮遊量

観測塔と鋼管杭の 2 ケ所において、自記式の散乱光式濁度計と自動採水器を用いて荒天時における底泥の浮遊量の観測を行なった。観測機器の設置高さは、海底上 0.2, 0.5, 1.2, 4.6m とし、鋼管杭では最上部は 4m までとした。濁度計の測定は、30 sec 間隔で約 2 日間の連続観測を行ない、20 分間の平均濁度を算出した後に別途実施した SS 濃度との検定曲線により SS 濃度を求めた。また、採水器による観測は荒天時のピーク時を対象として時間毎に 3 回の採水を行ない、各測定点毎に SS 濃度、粒度について分析した。

(5) 海底面変化

流況、浮遊量と同じ荒天時に自記式電導度砂面計を①・②ポケット浚渫区域内に設置し、海底面の変化を観測した。測定は 1 時間間隔で行なった。なお、この砂面計は電導度の違いにより海底面を検出するものであるが、浮遊泥の含水比によっては底面と浮遊層の区別をするのは難しい場合がある。

(6) 堆積泥の物性分析

定期観測と荒天時観測の後にポケット浚渫区域内に堆積した泥を採取し、その粒度と含水比について分析を行なった。また一部の試料については柱状採取を行ない、含水比の鉛直分布を求めた。

3. 観測結果

(1) 観測期間中の海象条件

観測期間中には、有義波高が 0.7m を越えるシケが、12 月に 2 回、1 月に 4 回、2 月に 3 回、3 月に 2 回の計 11 回観測された。その中で有義波高が 1m を越えたのは、表-1 に示す 3 つの時化であり、その中でも 2 月 3 日の時化が波高 0.7m 以上の状態が 30 時間も継続した。

表-1 観測期間中の有義波高 1m 以上の出現状況

年 月 日	時 間	有義波高 (m)	周 期 (秒)	0.7m 以上の継続時間
1987. 1. 12	20時	1.17	4.4	18時間
	1. 13	1.16	4.3	
2. 3	16時	1.14	4.4	30時間
	18時	1.25	4.9	
	20時	1.03	4.2	
3. 1	10時	1.15	4.0	10時間
	12時	1.39	4.3	
	14時	1.39	4.9	

流況は、潮位変化が半日周期で起り、潮位差が大潮期で約 4m に達するため、全期間を通して半日周期の潮流成分が卓越している。最大流速は上記の 2 月 3 日時の観測が大潮の直後であったこともあり下げ潮時に 52 cm/sec が観測されているが、平均的には観測塔付近の上層で 20 cm/sec、下層で 12 cm/sec 程度であり観測塔、鋼管杭共に同程度の値となっている。また、上げ潮時には岸向き、下げ潮時には沖向きの流れが卓越する。

(2) 浚渫区域の堆積状況

図-3 は、ポケット浚渫区域の中央部での目視による堆積厚の経時変化を示すものである。観測開始後の 3 ケ月間における浚渫区域の堆積状況は、地点の ① 浚渫地点で約 70 cm、② 地点で約 60 cm の堆積が観測された。また、③ 地点の潜堤を設置した浚渫区域では、10 cm 足らずの堆積しか観測されなかった。

この全期間の堆積厚のうち、大きな堆積を生じているのはごく限られた期間のみであり、最大は波浪条件の最も厳しかった 2 月 3 日前後で、① 地点で 70 cm、② 地点で 30 cm の堆積であった。しかし、① 地点ではこの期間の堆積量が全期間の堆積量を支配しているのに対して、② 地点では 1 月以降の幾つかのシケの間に一定量の堆積を生じ、全期間を通して時化の繰り返しによりその量が增大しており、明らかに ① 地点とは土砂の流入パターンが異なっていることがわかる。すなわち、水深の深い ① 地点ではある程度以上の時化が来襲しなければ大きな堆積は起らず、水深の浅い ② 地点のような場所では通常の時化でも堆積が生じるものと考えられる。また、この観測結果では潜堤を設置した地点での土砂の流入はほとんど起らず、潜堤による効果が大いと考えられる。

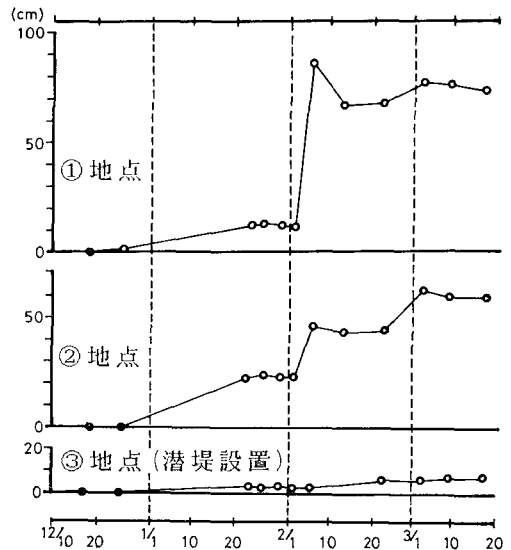


図-3 堆積厚の経時変化(目視: 中央部)

(3) 外力と浮遊量 (荒天時観測結果)

荒天時観測の中で最も外力条件の厳しかった2月3日前後の観測結果を観測塔と鋼管の2点について図-4に示す。図には有義波高・潮位・底層の振動流速振幅と平均流速ベクトル・最下層(海底面上約20cm)の濁度、砂面計による浚渫区域内(鋼管杭では②地点、観測塔では①地点の浚渫区域を示す)の底面変化の経時変化を示してある。

この観測結果より、振動流速振幅と濁度の相関が高く、底泥を浮遊させる外力として波による振動流速成分の与える影響が大きいことがわかる。また、浚渫区域内の底面変化は、濁度の増大と同時に底面が上昇しており、②地点では2月2日の20時から23時にかけて10cm程度の上昇が見られたが、その後の約5時間程度で元の高さに戻っている。3日の5時には再び底面は上昇し約2時間後には濁度の減少と共に一定値を取り、14時に振動流と濁度の急激な上昇により砂面計の計測範囲を越えて測定不能となった。

①地点では、②地点で見られた2月2日20時からの変化は無く、3日の1回目の変化と対応して同様の上昇と低下を生じ、その後の16時から18時にかけて32cm

上昇し、砂面計の計測範囲を越えている。

このように浚渫区域内の底面の変化は、比較的短時間の間に急激な変化を生じているが、底面が一旦上昇した後には外側の濁度の低下と共に底面が下がる現象や、①地点の1回目の底面上昇のように浚渫区域外側の浮遊泥の濁度が低い場合でも低潮位時に浚渫区域内への流入が見られ、砂面計で検出した高さが厳密な意味での底面ではなく界面を有する高濃度の浮泥層に相当していると解釈した方が自然であろう。

(4) 底面せん断力とSS濃度

ここでは、振動流(有義値)と平均流の観測結果より底面せん断力を算出し、底層のSS濃度との比較を行なった。底面せん断力の算出には田中・首藤⁵⁾による波と流れによる摩擦係数を用いたが、振動流速振幅値は流速計の設置高さを考慮して微小振幅波により底面での値に換算し、平均流速・流向値については実測値をそのまま使用した。

せん断力と最下層で観測されたSS濃度の関係は、前述の荒天時観測の全データによる比較をすると、せん断力が大きいと濃度が高くなる傾向はあるが、せん断力の減少する過程のデータを含むために上方からの沈降や、他の場所からの移流による濃度の増大があり、明確な傾向は示さない。そこで図-5に示すように、2月3日の16時~20時を中心としたシケにおけるせん断力の増大期から減衰期のみを抽出すると、鋼管杭のデータでは比較的良好な相関が見られ、せん断力が 0.8 N/m^2 以上になるとSS濃度が増大する傾向にある。また、観測塔のデータでは高濃度の浮遊泥が発生するのはせん断力のピークより若干遅れているが、高濃度の浮遊泥が発生するのは 0.5 N/m^2 以上の場合であり、底泥の浮遊限界せん断力がこの程度の値であることが推定される。しかし、せん断力のピークと濃度のピークにずれがあることより、他からの移流による濃度の増大とも考えられる。したがって、これらの値は今後さらに検討を要するものといえる。

(5) 濃度の鉛直分布

図-6は、全観測期間を通して最大の濃度を記録した2月3日~4日までの鋼管杭と観測塔でのSS濃度の鉛直分布の時間変化(20分間隔)を示すものである。この2

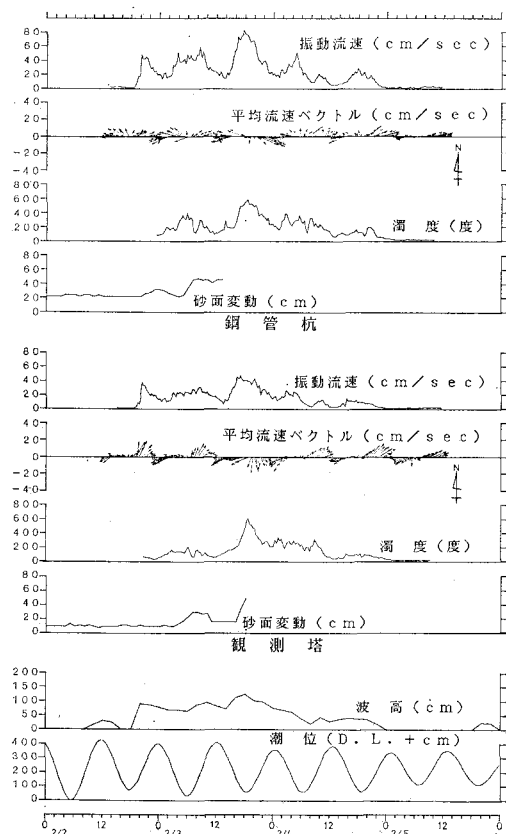


図-4 荒天時観測結果 (1987年2月2日~5日)

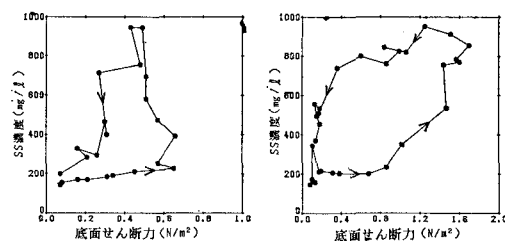


図-5 底面せん断力と底層のSS濃度

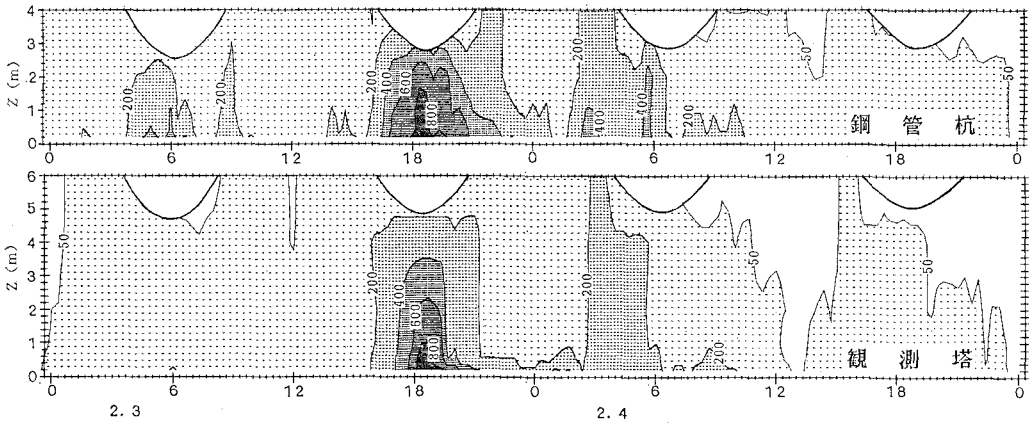


図-6 SS濃度の鉛直分布の時間変化(昭和62年2月3日~4日)

点の時間変化を見ると、両地点共ほぼ同一時間に濃度の変化を生じているとともに底面付近の濃度に大きな違いはなく、鋼管と観測塔の距離が1kmであることを考慮するとこの海域全体の広いスケールで濃度がほぼ均一であると考えることができる。

濃度の鉛直分布は、観測塔では外力が増大すると共に底面付近から濃度が増大し比較的速い応答で上方に拡散する。しかし、底面から1mまでの間の濃度が平常の10倍以上の値になるのに対して2m上方では約6倍程度と濃度の上昇量は少なく、上方の濃度が先に減衰し底面付近では時間的な遅れが見られる。これに対して、水深の浅い鋼管杭の地点では、全体に鉛直方向の濃度差は少なく、外力の大きな時は全体に濃度が上昇する結果となっている。濃度の減少過程は観測塔と同様に上方の濃度が先に減少するが、底面付近では観測塔に比べて減少速度が遅いようである。

浮遊泥の粒径の鉛直分布については、シケ時に採水した試料の分析結果より、観測塔、鋼管杭共、ほぼ一様に $10\mu\text{m}$ 以下の粒子が鉛直方向に検出されている。また、その粒度組成よりこの浮遊泥と同様の底質が存在する海域は、観測塔付近から沖合である³⁾ことや、せん断力が最強から減衰時の平均流速の向きがS~SE方向であること等より、減衰時の濃度の増大が移流によるものと推定される。

(6) 濃度と堆積量

前述したように浚渫区域の堆積は、濃度との相関が良く、濃度の増大に伴って堆積厚も急激に増大している。これらの関係については、砂面計による観測結果が1時間間隔のデータであることや、急激な堆積のためにオフスケールになっているため明確な関係は求められなかった。そこで、合計4回実施された荒天時観測前後の目視による堆積厚と濃度との関係について検討した。

図-7は、最下層のSS濃度と浮遊泥の沈降速度(粒

径より換算)、及び下層の平均流速より、鉛直方向の沈降フラックス(F_v)と水平方向のフラックス(F_h)をそれぞれ算出し観測期間中のこれらの時間平均量と堆積厚の関係求めたものである。

これらの関係より、鉛直・水平の各フラックスが大きいほど堆積量が多くなる傾向が確認される。また、観測塔と鋼管杭を比較すると、フラックスの大きな時の堆積厚に差があり、観測塔では鋼管杭に比べて低い濃度でも大きな堆積が生じている。このことは、今回観測された範囲の浮遊泥の移動量のみで堆積厚を単純に評価するには無理があり、さらに底層の濃度の影響や、浮泥層の流動等も考慮する必要があるものと考えられる。

また、浮遊泥の堆積機構の一つと考えられる、浚渫区域内外の底面せん断力の違いによる浮遊泥の沈降があるが、本観測では浚渫区域内の底面せん断力はその区域外の7割程度であった。

(7) 潜堤の堆積防止効果

潜堤を設置した③浚渫地点では、①・②地点でかなりの堆積厚が観測されているにもかかわらず、ほとんど堆積が見られなかった。③浚渫地点は、観測位置図に示すように②地点から100m程度離れているのみであり、観測塔や鋼管杭の濃度変化の観測結果より類推すると、外力の大きな時はこの海域全体にわたって高濃度の浮遊泥が発生すると推定され、この潜堤設置位置でも②地点と同様の濃度にあったものと考えられる。したがって、この地点で堆積量が他の2点と比べて極端に少ない

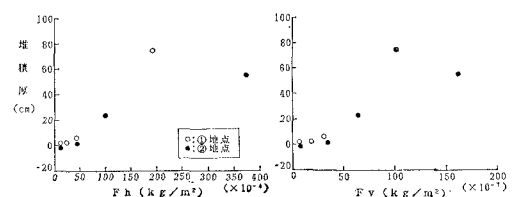


図-7 鉛直・水平の浮遊泥移動量と堆積厚

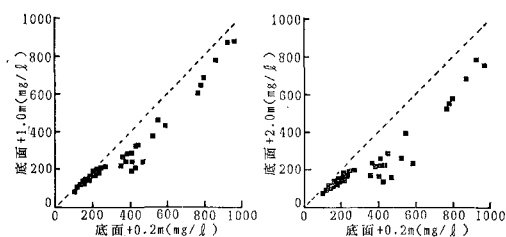


図-8 底層濃度と上層濃度の比較

ことは、潜堤による堆積防止効果が大きかったことを示すものである。

潜堤による堆積防止効果としては、浚渫区域外からの移流・拡散による水平方向からの流入を防止することにあると考えられるが、図-8 に示す今回の観測結果の最底層（底面上約 0.2m）とその上層 1m, 2m の層の濃度を比較するとその違いはほとんどなく、潜堤の高さが 1m であることを考慮すると、観測された濃度分布からみでは堆積が極端に少なかったことを説明するのは難しい。したがって、今回の観測高さよりも海底面に近い極底層での高濃度の浮泥層が潜堤により阻止されたと考えるのも潜堤の効果を確認するアプローチの一つであると思われる。

4. あとがき

細粒な底泥が広い範囲にわたって堆積している海域における底泥の移動と堆積現象について、現地観測を行ないその結果について検討した。調査は 3 ケ月間の観測のみであったため、底泥の移動現象の解明には至っていないが、本観測により以下のことが推定される。

観測結果より、浚渫地点の堆積は一定程度の外力が作用した場合に浮遊量の増大と共に急激に堆積することが

認められたが、その堆積のパターンは水深により異なる。また、潜堤の効果が大きいことが確認された。さらに、底泥の移動は底面のせん断力との関係が高いが、浚渫区域の堆積状況を見ると、今回の濁度観測高さよりもさらに底層での高濃度の浮泥層の存在が示唆され、従来の移流・沈降による航路堆積現象に加えて、比較的含水比の低い高濃度の浮泥層の流入現象についても十分な検討が必要であると考えられる。

以上のことより、今後は底層の浮泥層の把握と、潜堤の堆積防止効果を検討するために、必要な諸調査を行ない現地データの収集につとめる予定である。

最後に、運輸省港湾技術研究所の入江 功海洋水理部長をはじめとするシルテーション研究会の方々、ならびに九州大学の楠田哲也教授に貴重な御助言を賜った。また、現地観測に際しては東洋建設株式会社及び三洋水路測量株式会社の方々の協力を得た。ここに記して感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 楠田哲也：底泥の輸送現象と水質に及ぼす影響，水工学シリーズ，83-A-7，1983。
- 2) 細川恭史・田中則夫・久高将信・佐藤勝弘：トレンチ内に堆積する浮泥量の予測手法と現地への適用例，第 33 回海岸工学講演会論文集，pp. 312～316，1986。
- 3) 小蔵一郎・田口 登・足立一美・楠田哲也：波と流れによる底泥の巻き上げ現象，第 33 回海岸工学講演会論文集，pp. 332～336，1986。
- 4) 宮本六男・福手 勤・笹島隆彦・川瀬 洋・小松憲三：大阪湾における底質の移動に関する現地観測について，第 33 回海岸工学講演会論文集，pp. 327～331，1986。
- 5) 田中 仁・首藤伸夫：波と流れの共存時の底面摩擦係数に関する実験，第 27 回海岸工学講演会論文集，pp. 163～167，1980。