

熊本港における航路・泊地埋没防止対策について

笹嶋 博* ・入江 功** ・村上和男***
鶴谷広一****・吉永宙司*****

1. まえがき

熊本港の周辺海域に分布するシルトや粘土質の軟弱な底質は、波や流れによって巻き上げられ、航路・泊地まで運ばれた後に堆積するいわゆるシルテーションを引き起こす。航路・泊地の埋没は、船舶の航行や岸壁への離着岸に支障をもたらすことが考えられ、浚渫等の対策が必要となる。熊本港では、平成3年に航路・泊地の埋没防止対策施設として潜堤を設置した。これに併せて、熊本港では航路・泊地への埋没のメカニズムを明らかにし、潜堤による埋没防止効果を確認することを目的として、平成3年度から平成5年度にかけて現地実証試験を実施した。

2. 熊本港の概況

熊本港は、図-1に示すように有明海に面する熊本市に計画、建設された。有明海は島原半島、宇土半島、さらには天草の島々によって囲まれた内湾である。この海域は、外海から進入するうねりの影響が少なく、波浪は、

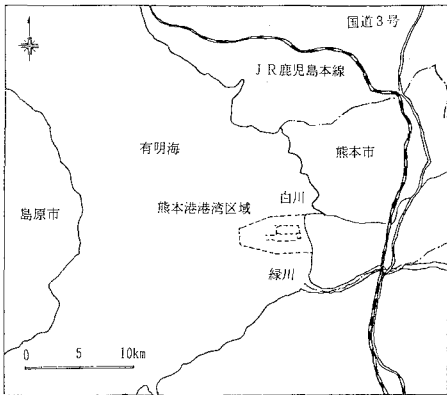


図-1 熊本港位置図

有義波高が0.4~1.0m, その周期が3~4s, と静穏な海域である。潮位差 (H.W.L.とL.W.L.との差) は約4.5mであり、わが国でも有数の大潮位差海域である。海底下には、有明粘土と呼ばれる厚さ30~40mにもおよぶ軟弱粘土層が存在している。汀線付近の海底勾配は、1/1000と非常に緩やかであり、干潮時には全国一の規模を誇る広大な干潟となる。

3. 潜堤による航路・泊地埋没防止対策

シルテーションによる航路・泊地の埋没は、周辺海域の自然条件(土質条件、海象条件)に大きな影響を受ける。熊本港のように潮汐差が大きな海域では、荒天時に海底面に大きなせん断応力が働いてシルトや粘土を多く含む底質が巻き上がりやすくなる。巻き上げられた底質は浮泥となり、潮流等の流れによって航路・泊地まで運ばれて沈降、堆積する。一方、浮泥は沈降する過程において海底面付近で高濃度浮泥層(fluid mud層)を形成する。このような層は流動しやすい状態にあり、重力の作用等によって海底付近を移動し、水深の深い航路・泊地に堆積する。

熊本港では、防波堤が完成する前にフェリーバース暫定供用のために航路・泊地を整備する必要があるため、防波堤完成までの暫定的な埋没防止対策施設として潜堤が設置された。図-2は、平成5年3月のフェリーバース暫定供用時の平面図である。潜堤の効果としては、潜堤の外側から運ばれてきた浮泥を潜堤によって生じる上昇流により拡散させて底質が航路・泊地内に堆積するのを防ぐ効果、浮泥が沈降して生じる高濃度浮泥層が航路・泊地に流入するのをせき止める効果が考えられる。熊本港では、図-3に示すような逆T型コンクリートブロック製の潜堤を約2,000mにわたって設置した。高さ1.5mの潜堤は巻き上げが起りやすいと考えられる水深3m以浅に、高さ1.0mの潜堤は水深3m以深に設置した。

4. 現地実証試験の内容

潜堤が設置された後、航路・泊地への埋没のメカニズムを明らかにし、潜堤による埋没防止効果を確認するこ

* 正会員 工修 前運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所 所長
 ** 正会員 工博 九州大学工学部教授 建設都市工学科
 *** 正会員 工修 運輸省港湾技術研究所海洋水理部 海城環境研究室長
 **** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所海洋水理部 水理研究室長
 ***** 正会員 工修 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所 技術開発課 第一技術開発係長

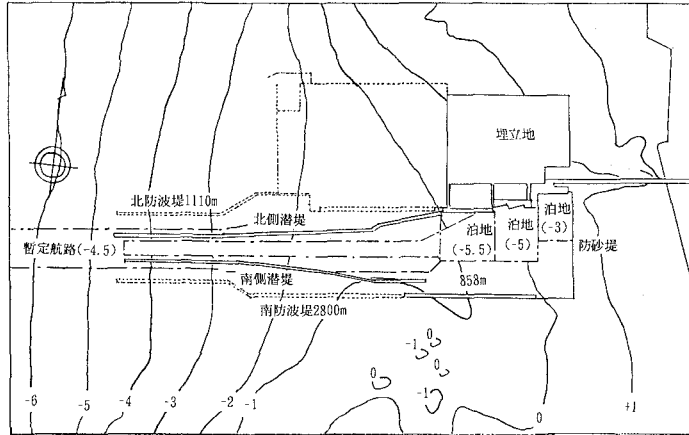


図-2 熊本港平面図

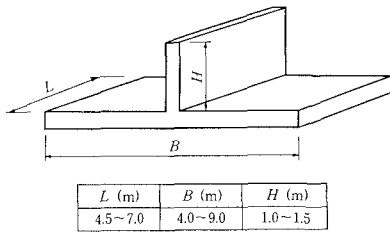


図-3 逆T型コンクリートブロック潜堤

とを目的として、以下の内容の潜堤による航路・泊地の埋没防止実証試験が実施された。

(1) 底質特性の把握

熊本港をはじめとするこのあたりの海域の底質は細砂、シルト、粘土が混合している。シルテーションの原因となる底質は、主にシルトや粘土なので、埋没のメカニズムを解明するためには、埋没地域の底質の特性を把握することが重要である。そこで熊本港では、航路部4地点、泊地部4地点、これらの周辺部16地点において通常時（大潮期）の下げ潮時及び上げ潮時、荒天直後の下げ潮時及び上げ潮時に底質の採取を実施し、粒度分析を行った。分析試料は海底面から2cmまでの表層の底質を対象とし、1地点あたり350ccを分析した。底質の粒度組成は、砂：0.075~2mm、シルト：0.005~0.075mm、粘土：0.005mm以下としてそれぞれの含有百分率から求めた。

図-4は砂、シルト、粘土の含有率を底質採取時期、地点ごとにまとめた粒度組成の分布を示している。採取時期ごとの粒度組成の違いはほとんどないが、採取地点ごとの粒度組成は大きく異なっている。シルトと粘土の含有率が多いのは、航路部、泊地部で、特に泊地部ではこれらの合計の割合が90%を越えている。砂の割合が多いのは周辺部の岸側で、特に南防波堤と潜堤の開口部付近

の砂の含有率は85%以上である。以上の結果より、航路・泊地を埋没させる底質は粒径の小さいシルトや粘土であることが分かった。これは比較的波浪や潮流の影響を受けにくい航路・泊地では、底面せん断応力が小さいために、シルトや粘土がいったん沈降すると再び巻き上がりやすく、堆積する傾向が続くからである。一方、南防波堤と潜堤の開口部付近では流れが強く底面せん断応力が大きいために、粒径の小さいシルトや粘土は留まりにくく、粒径の大きい砂は残りやすいものと考えられる。

(2) 航路・泊地の埋没状況の把握

熊本港では、潜堤の設置に併せて平成4年9月までにフェリーバース暫定供用のための航路・泊地の浚渫をほぼ終了した。その後、航路・泊地の埋没状況を把握するために深浅測量を実施し、水深変化量を測定した。測量は平成4年度は1ヶ月おきに4回、平成5年度は2ヶ月おきに5回行った。測量範囲は航路・泊地及びその周辺の1,742,000m²、測量間隔は20mおきである。測定には周波数200kHzの音響測深機を用いた。

図-5は平成5年6月から平成6年2月までの水深変化量を示している。平成5年6月以降に行われた浚渫は3ヶ所あり、1.0m以上の侵食として表示している。航路・泊地部は、全体的に堆積傾向にある。航路部は0.1~0.5mの堆積で、航路中央部の堆積が多い。泊地部は航路部よりも堆積量が多く、泊地の航路側では0.5~1.0mの堆積が見られる。航路・泊地部以外では、泊地の南側及び南側潜堤の岸側付近で0.1~0.3m程度の侵食、南側潜堤の沖側で0.1~0.3m程度の堆積が見られる。測量実施期間の水深変化速度は航路部が1.02cm/月、泊地部が3.77cm/月である。ただし、平成5年8月~10月の台風が来襲した時期には、泊地部で20cm/月を越える堆積が観測された領域があった。このことより、海象条件が航路・泊地の埋没に大きく関わっているといえる。

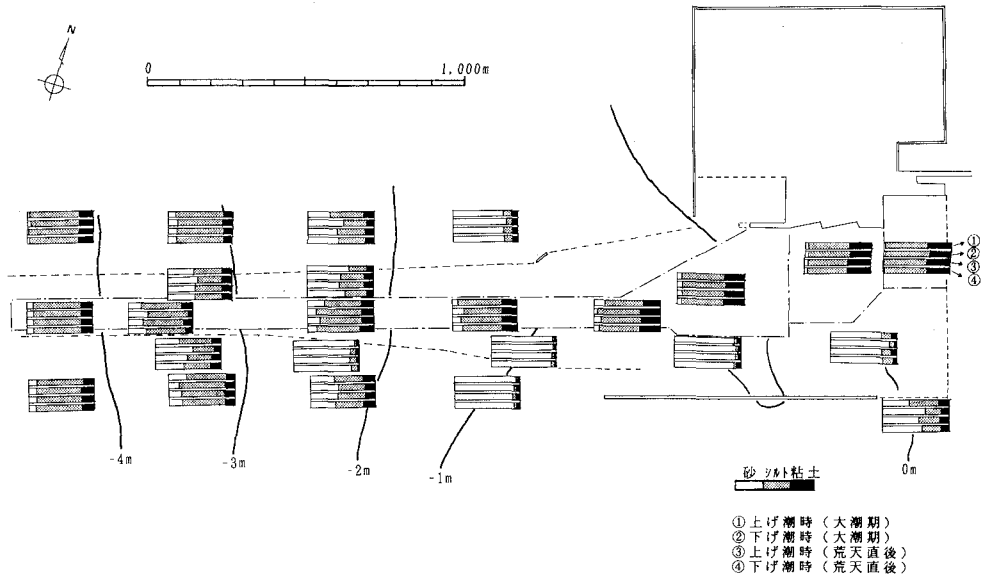


図-4 底質の粒径分布

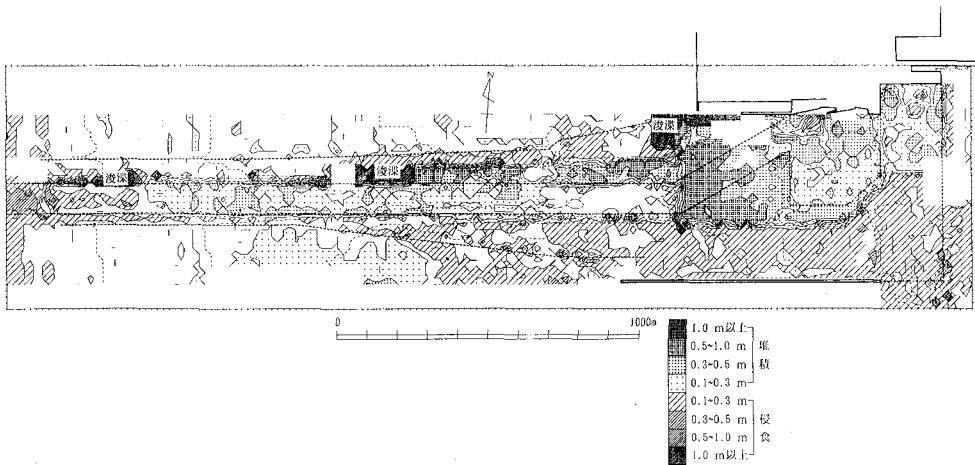


図-5 航路・泊地の水深変化

(3) 浮泥の流動状況の観測

潜堤による航路・泊地の埋没防止効果を検討するためには、埋没の原因となる底質の挙動を把握する必要がある。そこで航路・泊地付近のSS濃度と流況(水深、波高、流速、流向等)の経時変化を測定することにより、流況が底質に及ぼす影響について考察した。また流速フラックス及びSSフラックスを算出し、浮泥の流動状況すなわち浮泥の流入経路、流入量等を推定した。さらに埋没の原因として考えられる高濃度浮泥層の詳細を調べるために荒天直後のSS濃度の鉛直分布を測定した。採水は南側潜堤の内側と外側で、海底面から海底面上50cmの地点までを5層に分けて行った。

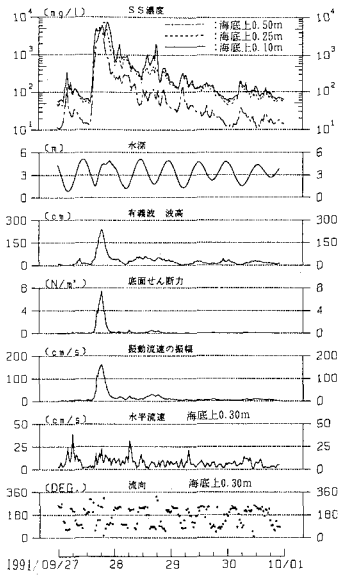
図-6 (a), (b) は荒天時(台風期, 冬期)のSS濃度と流況の経時変化を示している。流向は北向きが0°, 東向きが90°である。観測地点は台風期が図-7に示す①, 冬期が②及び③である。図-6 (a)よりSS濃度は海底面付近で最大8000 mg/lとなる。また水深の変化より満潮時から干潮時にかけてSS濃度のピークが現れている。図-6 (b)より冬期のSS濃度、波高の値は台風期の値より小さく、SS濃度と波高のピークには6時間程度のズレが見られる。これは台風期には非常に大きな外力により航路・泊地付近の底質が巻き上げられて直ちにSS濃度が大きくなるのに対し、冬期は航路・泊地以外の地点で巻き上げられた底質が浮泥となり、航路・泊地付近まで

運ばれてから観測されるまでに時間を要するためと考えられる。潜堤内側と外側の SS 濃度を比較すると、概ね上げ潮時に潜堤外側の SS 濃度が大きくなる。このときの流向は潜堤と平行な向きが支配的であり、しかも SS 濃度と流速のピークにも時間的なズレがあるため、この結果から潜堤の効果を評価することは難しい。

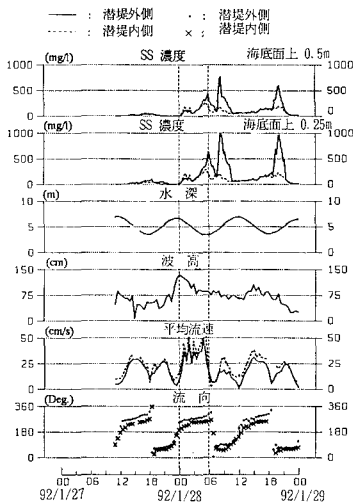
図一7 は下げ潮時及び上げ潮時(大潮時)の浮泥の流動状況を流速フラックスと SS フラックスによって示している。下げ潮時には開口部の潜堤外側で航路内に流入する向きの SS フラックスがかなり大きい。潜堤内側では小さくなる。これにより潜堤には浮泥の流入に対する

遮蔽効果があるものと考えられる。また泊地部への浮泥の流入量が泊地部からの流出量より大きいことが SS フラックスの大きさを比較することによりわかる。すなわち下げ潮時にはおもに泊地部の埋没が起こるといえる。また上げ潮時においても航路部から泊地部への浮泥の流入量が泊地部からの流出量より大きい。よって上げ潮時も泊地部の埋没が起こると考えられる。以上のことから、1 潮汐通じて泊地部は埋没しやすい浮泥流動状況にあるといえる。

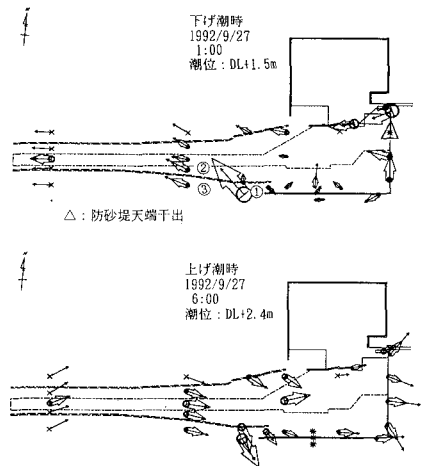
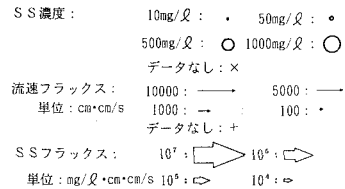
図一8 は荒天時において最大波高を記録してから 12, 15, 18 時間後の SS 濃度の鉛直分布を示している。観測地点は図一7 に示す②及び③である。潜堤外側では時間の経過とともに海底面上 10 cm 及び 20 cm の SS 濃度が減少しているが、潜堤内側では 18 時間後の SS 濃度が 12, 15 時間後よりも増加した。これは 18 時間後の採水時期が干潮に近い下げ潮時にあたり、流速が大きくなって浮泥が流動しやすくなるとともに、観測地点付近の流向が潜堤外側から内側へととなり、浮泥の流入により潜堤内側の SS 濃度が増加したものと考えられる。またこのとき浮泥は潜堤の天端上を乗り越えて流入したと考えられるため、海底面付近よりも海底面上 50 cm の方が SS 濃度が大きい。ただしこのときの SS 濃度は 400 mg/l 程度であるので、埋没には影響を及ぼさないものと考えられる。潜堤内側と外側の SS 濃度を比較すると、18 時間後を除いて外側よりも内側の方が SS 濃度は小さい。特に 12 時



図一6 (a) SS 濃度と流況の経時変化



図一6 (b) SS 濃度と流況の経時変化



図一7 浮泥の流動状況

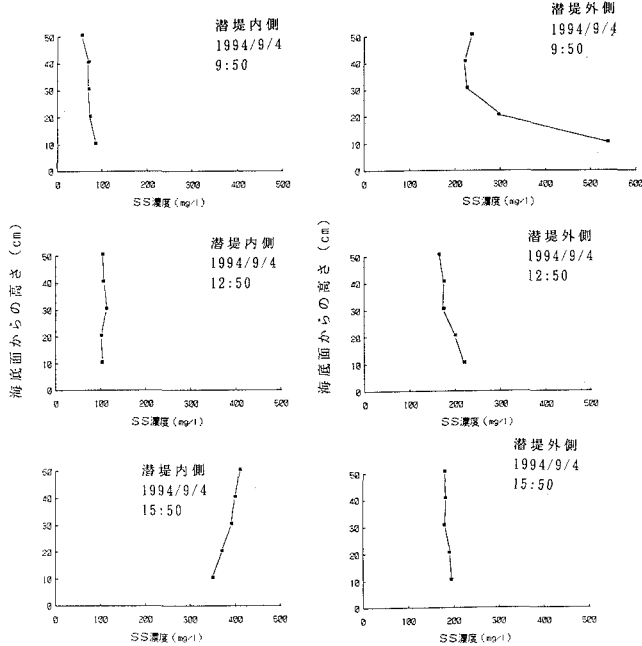


図-8 SS濃度の鉛直分布

間後は、潜堤の外側では高濃度浮泥層が形成されると考えられる海底面付近でのSS濃度が大きい、潜堤の内側ではSS濃度は鉛直方向にほぼ一様である。これより潜堤によって高濃度浮泥層の流入が防止できるとわかった。

5. あとがき

熊本港では、航路・泊地の埋没防止対策として潜堤の設置が提案された。潜堤の効果は現地実証試験によって調べられ、潜堤による浮泥の遮蔽効果、及び高濃度浮泥層の流入をせき止める効果が確認された。今後、熊本港における航路・泊地の整備進行に伴って埋没量の増大が予想されるが、埋没状況を把握するために深浅測量等の

追跡調査を実施するつもりである。シルテーションの問題は熊本港だけではなく、周防灘沿岸域、さらには東南アジア、南米等の開発途上国で数多く見られる。熊本港で実施された航路・泊地埋没防止対策は、これらの場所で対策を講じる際の参考事例になるものと考えられる。

参考文献

入江 功・村上和男・鶴谷広一 (1991): シルテーションによる航路・泊地埋没の水理機構に関する研究, 土木学会論文集, No. 438, II-17, pp. 1-12.
 渡邊具能・小笹博昭・吉永清人・岩崎峯夫 (1993): 軟弱な干潟における港湾の建設, 土木学会論文集, No. 480, IV-21, pp. 13-22.