

氏名	まつだ のぶ ひこ 松田 信彦
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第178号
学位授与年月日	平成17年 3月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	港湾工事に伴う濁りの発生機構と低減化に関する研究
学位論文審査委員	(主査) 松原 雄平 (副査) 木村 晃 檜谷 治

学位論文の内容の要旨

ダイオキシン類などの汚染底質対策工事や、底開式土運船のような大型作業船によって広範囲に汚濁を拡散するような工事では、現状の汚濁防止対策では不十分で将来的に質の高い水質管理が必要である。

特にダイオキシン類のような汚染物質を含んだ濁りの管理では、浚渫工事によって舞い上がった濁りが浚渫船の周辺数十mの範囲に再堆積し、新たな二次汚染を引き起こす可能性があることから、現在の一般水域の影響を重視した濁度関しに加えて、工事区域内の環境影響についても配慮する必要がある。

しかし、港湾工事の濁りの発生機構は複雑でほとんど解明されていないために、工事に伴う流れが支配的な作業船(発生源)付近の所期の汚染拡散現象を再現することができず、濁りの拡散予測やモニタリング、汚濁防止対策などで多くの問題を抱えている。

そのため本論文では、港湾工事の中でも特に濁りの管理が重要と考えられる、密閉グラブ浚渫工法と底開式土運船による土砂投入について研究することとした。密閉グラブ浚渫工法については、汚濁発生機構の把握と汚濁発生機構を再現できる数値解析モデルの構築を試みた。また、底開式土運船による土砂投入については、水面付近の濁りの発生機構を把握するための基礎的な研究として、投入時に発生する気泡の特性についての検討を行った。各章で得られた主要な結果を要約すると以下のようなものである。

第1章では、研究の背景と濁りの発生機構を解明することの意義について説明した。

第2章では、はじめに汚染物質と濁りの関係と、底質ダイオキシン類対策工法の現状について説明した。次に港湾工事で行われている汚濁防止対策全体について、濁りの拡散予測やモニタリング、汚濁防止対策の観点から問題点や課題について整理し、本論文のテーマである汚濁発生機構の解明の重要性について指摘した。

第3章では、密閉グラブ浚渫における汚濁防止対策を検討することを目的とし、現地実験、室

内実験および数値シミュレーションを実施した。

現地実験では、浚渫のサイクルタイムを変えた実験を実施したが、サイクルタイムの影響は主として下層の濁りに現れた。また、底面付近の濁りの時間的変化から最も濁りに影響するバケットの動作は着底であり、バケットの落下速度と最大汚濁には相関があることが分かった。

室内実験では、現地の 1/10 模型を作成しバケットの落下に伴って発生する流れの詳細な計測を行った。その結果、濁りの発生に直接的に影響を与える底面付近の流速の最大値は、バケットの落下速度に比例して増加していることが明らかとなった。また、流速の最大値はバケットの着底時であり、現地での濁りの観測結果と合わせて、バケット着底時に発生する流れによって巻き上がる濁りが支配的であることが明らかとなった。

数値解析モデルの構築にあたっては、バケットの動きを再現するために、移動環境モデルを組み込んだモデルを提案し、室内実験によって流れの再現性を確認するとともに、現地実験の濁りを再現することによって、濁りの発生モデルの妥当性を検証した。まず、室内実験における流況再現計算に関しては、実験で見られた底面付近で発生する渦の特性や、落下速度と最大流速の関係のある程度再現できた。また、現地実験の再現計算では、流れによるせん断力によって汚濁発生量を評価するモデルを仮定し数値計算を実施したが、バケットの動きによって発生する濁りの時間的な変化特性やバケットの落下速度による濁りの発生量の違いを十分再現できることが判明した。

構築した濁りの数値解析モデルを利用した、バケットの落下速度およびバケットの容量が汚濁発生に及ぼす影響について検討した結果、これらの要因が汚濁発生量に大きな影響を及ぼすことが明らかになり、解析モデルを用いた汚濁防止対策の可能性を提示した。

第4章では、底開バージを用いて土砂投入する際に発生する気泡流と水面での濁水現象の関連性を検討し、土砂投入による汚濁発生機構を解明する上での気泡流の重要性を明らかにする目的で現地観測および室内実験を実施した。

現地観測を実施した結果、土砂投入直後に多量の気泡が上昇し、上層、中層、下層においての気泡の上昇と関連して、平均で 2cm/s 程度の上昇流が発生することが確認できた。さらに、上昇流による移流の影響を大きく受けたと考えられる、高濃度の濁りを上層で確認することができた。このように、沈降速度の遅い細粒土砂による高濃度の濁りが水面付近で発生することは、濁りの長期化や最終的に堆積領域が広範囲に及ぶことを意味しており、従来から研究されている底面付近の濁水現象のみならず、本研究で対象とした気泡流に伴う水面での濁水現象の重要性が明らかとなった。

気泡流の発生量について実験的に検討した結果、気泡回収装置で回収した発生量と、回収装置直下の最終的な土砂堆積量にはあまり相関が見られず、土塊から気泡が発生しているのは、土塊が底面に衝突してから土塊フロントの移動が停止するまでの数秒間であることが分かった。また、気泡発生モデルを提案し、提案式で求めた理論式と実験値を比較し、今回の条件下では提案した理論式の有効性が確認できた。さらに、本研究で使用した土砂では、初期に土砂に含まれる空気量の 26~63% が気泡として発生し、土砂の落下時間が短いほど、気泡の発生率が高くなる傾向が

あることが判明した。

論文審査の結果の要旨

港湾における埋め立て工事や浚渫工事では、多量の土砂を扱うため大規模な濁水による水質汚濁を引き起こすことが懸念される。日本の沿岸浅海域は他国と比べ、沿岸漁業や養殖漁業等で高度に利用されているため、このような港湾工事に伴う濁水問題に対して厳しい規制や法律が定められており、今後の港湾工事では、濁水の高度管理を実施する必要がある。そこで本研究では、汚染物質の除去にも有効で、今後ますます採用されると考えられる密閉グラブ浚渫工法と埋め立て等の工事で高度の濁水対策が要求されると思われる底開バージ工法に着目し、現地観測および室内実験によって濁水の発生機構を明らかにするとともに、数値解析モデルを用いた濁水対策方法について検討がなされている。

密閉グラブ浚渫を対象とした研究では、現地結果および室内実験結果より、密閉グラブ浚渫における汚濁発生メカニズムが検討され、バケット着底時に発生する流れによって巻き上がる濁りが支配的であることが明らかにされた。また、数値解析モデルの構築にあたっては、バケットの動きを移動境界モデルで表現したモデルを構築し、現地実験の濁りを再現することによってモデルの妥当性が検証されている。さらに、構築した濁りの数値解析モデルを利用し、バケットの落下速度あるいはバケットの容量が汚濁発生に及ぼす影響が検討され、その結果に基づいて、解析モデルを用いた汚濁防止対策法が提案されている。

また、底開バージ工法を対象とした研究では、現地観測や室内実験によって土砂投入する際に発生する気泡流と水面での濁水現象の関連性が明らかにされ、気泡流の解析に必要な気泡量の発生量に関する基礎的な知見が示されている。

以上研究によって得られた成果は、今後の港湾工事に有益な情報を提供するものと考えられ、博士（工学）の学位論文に値すると判定する。