土砂投入による博多湾窪地の埋戻し工法に関する数値解析的検討

福岡大学工学部　学生員　○林　建成　福岡大学工学部　正会員　山崎惟義
関東学院大学工学部　正会員　北野義則　福岡大学工学部　正会員　渡辺亮一
福岡大学工学部　正会員　伊豫岡宏樹　福岡大学工学部　正会員　皆川朋子

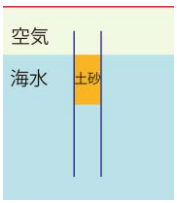
1. はじめに

我が国の内湾では，戦後の沿岸域開発の埋め立て材料として，海底の土砂が掘削利用され，浚渫窪地が散見されるようになった[3]．このような窪地の存在により，水塊の停滞や,流況の変化が生じ,海水交換の悪化,浸食・堆積傾向の変化等の影響が生じる．

近年，沿岸の環境の修復のためにこれらの窪地等を埋め戻しの必要性が認識されているが,施工時，施工後の影響の評価や軽減方策の検討も未だ不十分な状況にある．また,実際に埋め戻しを行うにあたって，生じる環境影響がどの程度なのかの知見は少ない．そこで,本研究では,数値解析的手法を用いて窪地埋め立ての際の土砂投入工法の検討を行った．

2. 目的

ここでは，窪地の埋め戻しにバージ船(図 1)，単管トレミー管(図 2),二重トレミー管(図 3)を用いた 3 つの工法を想定した．また，投入土砂の量は，高さ 5m とし，直径を 1.5m,2.0m,2.5m の円柱形の 3 種類をそれぞれ 3 つの工法で計 9 ケース(表 1)を対象にして数値解析を行った．この 9 ケースで，投入土砂が巻き上がる影響範囲を検討し，最適な埋め戻し方法を明らかにする．



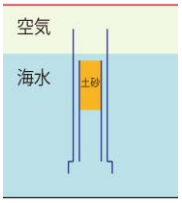


図1 バージ船　図 2 単管トレミー管　図 3 二重トレミー管

表 1　各ケースの条件

ケース	土砂投入方法	D_1	D_2	D_3	H_1
A	自由落下	1.5	×	×	0
B		2.0	×	×	0
C		2.5	×	×	0
D	単管トレミー管	1.5	×	1.5	0
E		2.0	×	2.0	0
F		2.5	×	2.5	0
G	二重トレミー管	1.5	2.0	1.5	0.5
H		2.0	2.5	2.0	0.5
I		2.5	3.0	2.5	0.5
D_1：投入土砂の直径(m)					
D_2：管の外径（m）					
D_3：管の内径（m）					
H_1:海面からの土砂投入位置(m)					

3.解析方法

格子ごとの流れ方程式の近似解を求め，その計算結果として，各格子の圧力，流速，密度などを求めた．今回の計算では CFD ソフトウェア FLUENT 6.3.26 を用いた．実際には，FLUENT 混相流セミナー Mixture モデル[5]によった．

境界条件は，海面を大気圧とし，海底は壁面とした。また,トレミー管を用いる工法では，トレミー管との境界を壁面と設定した．

計算領域は，最大水深 15m，最少水深 5m の形状(図 4)とした．また，格子サイズは$\Delta R \times \Delta Z$= 0.1m×0.1m とした．

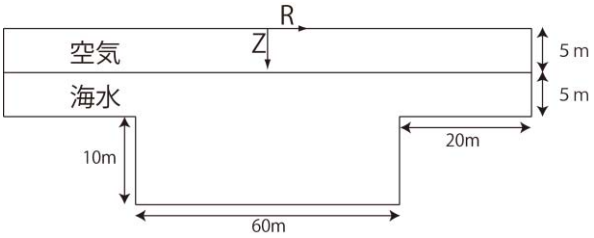


図 4　　計算領域

周辺海域の海水密度 1030kg/m^3, 投入土砂の密度を博多湾の底泥の平均湿潤密度である 1500g/m^3 と仮定して投入した．

4. 計算結果･考察

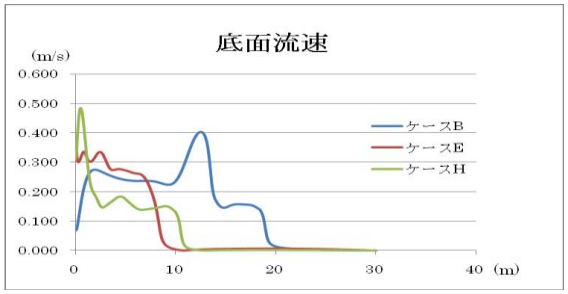


図 5　　土砂投入時から 30 秒後の底面流速

図 5 より，ケース B は 13m 付近の時に底面流速のピークを得た．ケース E は約 10m 付近で底面流速がほとんど 0(m/s)に近い値であった．ケース H では，0m 付近では，ピークを得て，急激な変化をし，3m 付近まで減少している．

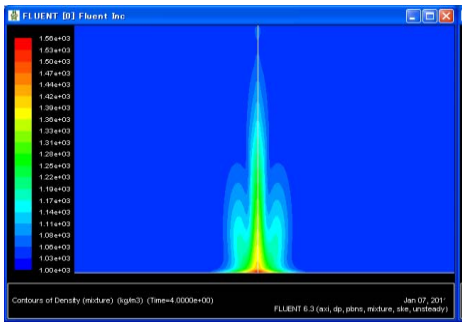


図６ ケースＢの海面到達時の密度分布

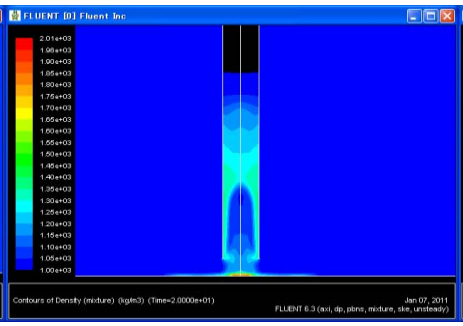


図７ ケースＥの海面到達時の密度分布

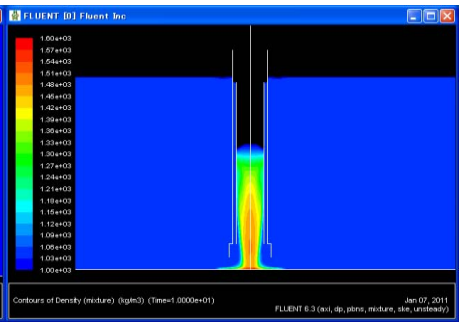


図８ ケースＨの海面到達時の密度分布

図６より，ケースＢの海底到達時の密度分布は，ケースE，ケースＨに比べて，密度の拡がりが大きいことが分かる．図７より，ケースＥの単管トレミー管では，他の工法に比べ土砂投入に時間がかかり，土砂は海底を這うように拡がっていくことが分かった．図８より，ケースＨの二重トレミー管でも，土砂が海底を這うように拡がっていった．また，投入時間についても単管トレミー管よりも短い時間で投入することができた．

また，巻き上がりの影響範囲についても計算結果をもとに，底面から鉛直方向に 0.1m上方の流速を用いて，そこから底面せん断応力 τ_0 を算出した．

$$\tau_0 = \mu \frac{du}{dz} \qquad (式\ 1)$$

ここで，τ_0:底面せん断応力，μ:粘性係数，u:流速，z:底面からの距離である．

$\mu = 1\times10^3$ とした．また，巻き上げの限界せん断応力 τ_{ce} は固体分率 $(1-\varepsilon)$ を用いて次のように表されている[4]．

$$\tau_{ce} = \delta_1 (1-\varepsilon)^n \qquad (式\ 2)$$

ここで，n は 1.5，δ_1 は 4.3[N/m^2]とした．また，含水比 300%と仮定すると，0.179（N/m^2）となる．

この τ_{ce} と，各秒ごとの τ_0 を比較して，$\tau_{ce} < \tau_0$ となれば巻き上げが起こるとして巻き上げ影響範囲を検討した．

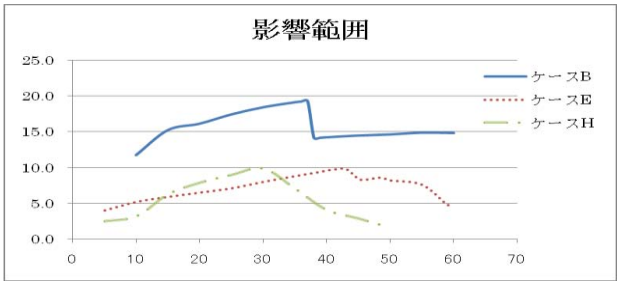


図９ 限界せん断応力と影響範囲

図９より，ケース B では，影響範囲のピークが 37 秒の時に中心から 19.3m の位置にあり，トレミー管に比べ大きい．ケース E では，影響範囲ピークは 43 秒の時に中心から 9.8m の位置であった．これは，単管トレミー管の土砂投入が他の工法よりも時間が費やした為だと考えられる．ケース H は影響範囲のピークが 30 秒の時に 9.9m の位置であった．影響範囲は，ケース E と大きな違いはなかったが，二重トレミー管は底面流速が単管トレミー管に比べ，小さいので周辺環境に与える影響は少ないと考えられる．

5.結論

今回の結果より，埋め戻しに最適な方法は二重トレミー管を用いた工法である．また，二重トレミー管の定量的な評価することができた．今後はコスト面に対する評価もしていく必要がある．

6.謝辞

この研究の一部は，科学研究費補助金（基盤研究 C:研究番号 21560575，　研究者代表者:渡辺亮一および基盤研究C:研究番号21560576，　研究者代表者:山崎惟義）の助成を受けて行われたものである．

参考文献

1) 山崎惟義他：博多湾室見川沖窪地の貧酸素水塊 の挙動に関する研究，海岸工学論文集，第 54 巻，p p1001-1005，2007

2)山本泰士：浚渫土砂投入による海底低泥の巻き上がりに関する研究，福岡大学工学部卒業論文，p p1-8，2010

3)中村由行：全国の浚渫窪地の現況と三河湾における埋め戻し修復，水産工学，Vol.46，p229-233，2010

4) 海田輝之・楠田哲也・二渡了・栗谷揚一：柔らかい底泥の巻き上げ仮定に関する研究，土木学論文集，第 393 号，p33-42，1988

5)フルーエント・アジアパシフィック株式会社：FLUENT 混相流セミナー2007 年 4 月 11-12 日，pp134-156