

II-PS9 k-εモデルを導入した3次元数値計算による排水の再取水防止に関する検討

大成建設（株） 正 石野 和男 正 上野 成三 正 大谷 英夫
正 土屋 正彦 正 高久 雅喜 小林 哲男

1. はじめに

沿岸域に面する工場の海水取排水設備の設計において、取・排水口が隣接して設置される場合、その間隔を十分大きく取って排水の再取水を防止する必要がある。本研究は、取・排水口の間隔に制限を受ける事例を対象として、排水の再取水特性や再取水防止対策について検討した。本事例の排水流の特徴として、潮流により排水が大きく移流されること、排水密度が大きいいため排水流が重力密度流的に振舞うことが上げられる。そこで、検討手法には潮流や海底地形が容易に扱える数値計算を採用し、様々な条件で再取水特性について検討した。なお、当日は計算結果をCG化したものをビデオ放映する。

2. 計算方法および計算条件

計算コードにはHirtらによって開発された3次元流体解析汎用コードFLOW3D（Flow Science社,1986）を用いた。基礎方程式系は3次元の運動方程式、連続式、k-ε式、密度の保存式からなる。渦動粘性係数、拡散係数の設定については、放水口近傍での温排水拡散を求めた和田・荒木(1986)にならい、水平方向は一定値とし、鉛直方向はk-εモデルから求めた。なお、水平方向渦動粘性係数は別途行った現地流況観測のデータからテイラーの拡散理論に用いて求め、 $1.0\text{m}^2/\text{s}$ とした。海底地形を図-1に示す。計算領域は人工島と埠頭で挟まれた海域で排水口前面の水深はやや浅くなっている。計算メッシュ数は約4万（直交系）で取・排水口近傍のメッシュは特に細かく取った。また、潮流条件は定常流および半日潮とした。排水拡散に関するパラメータとして、内部フルード数は約5、排水流速と潮流速の比は約1.7となる。

3. 計算結果および考察

(1)潮流による排水の移流状況 潮流（下げ潮時）を定常流とした場合における排水の密度差の海面分布を図-2に示す。ここで、密度差は周辺の海水と各点での密度の差を排水直後の密度差で無次元化し、水平距離は排水口高で無次元化した。排水流の流軸は護岸に沿った形をとり排水は潮流により大きく移流することが分かる。

(2)排水角度と排水密度の関係 下げ潮の移流作用による排水の到達距離を短くするために、排水を護岸法線より45度右側に傾けて流出させる対策を検討した。排水角度が45,90度の2ケースについて排水の無次元密度差の護岸に沿った分布を比較する（図-3）。排水角度が45度の場合は、90度の場合に比べて、流下に伴う密度差の低下が大きく取水口位置での排水密度差は約60%に減少した。

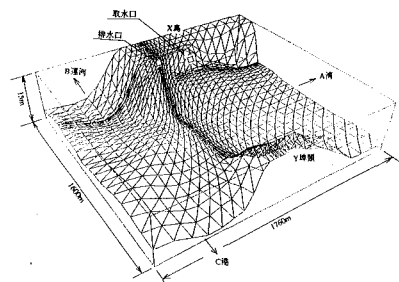


図-1 海底地形

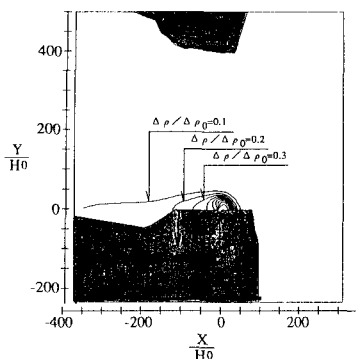


図-2 排水の密度差の海面分布

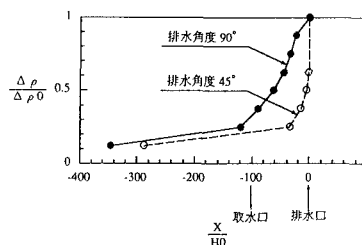


図-3 排水角度と排水密度差分布の関係

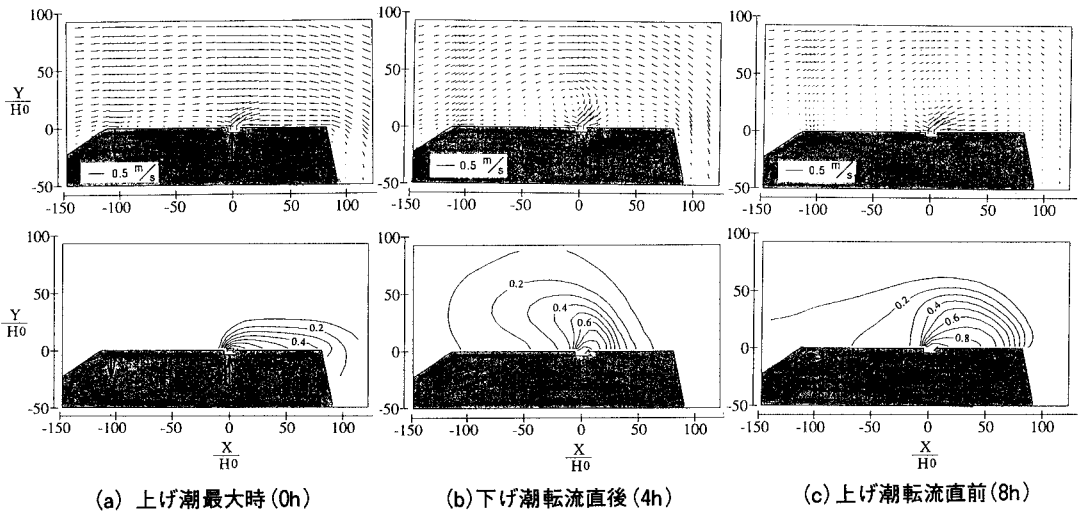


図-4 潮流を半日潮とした場合の流速・密度の海面分布

(3)非定常流下での排水の拡散状況 排水角度を45度とした対策の再取水防止効果を確認するために、潮流を半日潮の非定常流とした場合の流速・無次元密度差の海面分布を図-4に示す。上げ潮最大時には排水が右側へ輸送される(a)。一方、下げ潮転流直後では排水が左側へ輸送され始め、排水口付近では大規模な渦が発生する。密度差の分布はこの渦を中心として拡がりこの渦が排水と周囲の海水の混合に大きく寄与していることが分かる(b)。上げ潮転流直前では右側に傾いた排水流を反映して排水が右側へ輸送される(c)。以上より、排水角度を45度とする対策は、潮流の移流作用を弱めて排水の到達範囲を短くするとともに、排水口付近で発生する大規模渦により排水と周囲の海水との混合が増大する効果を持つことが明らかになった。取水口へ流れ込む海水の無次元密度差の時間変化を図-5に示す。下げ潮最大時の直前で取水の密度差が最大となる。

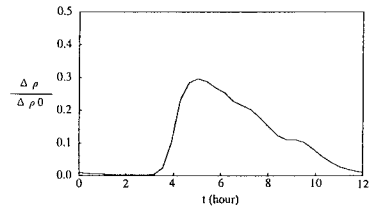


図-5 取水密度の時間変化

4. まとめ

3次元数値計算により工場排水の再取水問題について検討を行った。計算では、検討海域の潮流の移流・乱流拡散、海底地形などの影響を考慮し、排水の拡散特性や再取水防止対策を検討した。その結果、再取水に及ぼす影響は潮流による移流効果が卓越すること、再取水防止対策として排水角度を45度とした場合、潮流の移流作用を弱め、かつ、排水口付近で発生する大規模渦が混合作用を強めるため、排水角度が90度の場合に比べて再取水の割合が約60%に減少することが明らかになった。

<参考文献>

Flow Sience(1986): Flow-3D Computational Modeling Power for Scientist and Engineers.

和田明・荒木洋(1986):冷却水放水口近傍での高温領域拡散予測手法の開発, 電中研報告No.385043.