

3 次元流体解析を用いた放水口周辺底面の流速検討

清水建設(株)土木技術本部 正会員 別所 友宏 本島 禎二 ○高橋 諒伍
 清水建設(株)技術研究所 正会員 今津 雄吾
 三菱日立パワーシステムズ(株)土木建築技術部 非会員 西澤 亮絵
 福島ガス発電(株)建設部 正会員 原田 光男 田中 友博

1. はじめに

福島県の相馬港 4 号埠頭に建設中の福島天然ガス発電所では、北防波堤の外海の海底に放水口（マルチノズル）を設置する。この放水口周辺の海底では波浪と放水流の相互作用により洗掘が生じる可能性が考えられる。

本検討では、3次元波浪解析(VOF法)モデルを用いて、波浪と放水流による放水口周辺底面の流速検討を行った。従来の鉛直積分した平面2次元波浪解析モデルでは、直接底面付近の流速を求めることができないが、3次元波浪解析では、ケーソンや放水口の複雑な形状を詳細にモデル化可能で、かつ、求めたい場所での流速を直接算出することが可能となる。一方、3次元解析は計算負荷が膨大となるため、沖波諸元から広域の伝播を含めて解析することは現実的ではない。そこで、本検討では、エネルギー平衡方程式により沖波からの波浪変形計算を行った上で、相馬港内の放水口近海(600m×1000m、図-1参照)の範囲の3次元解析に引き継いで波浪解析を行った。

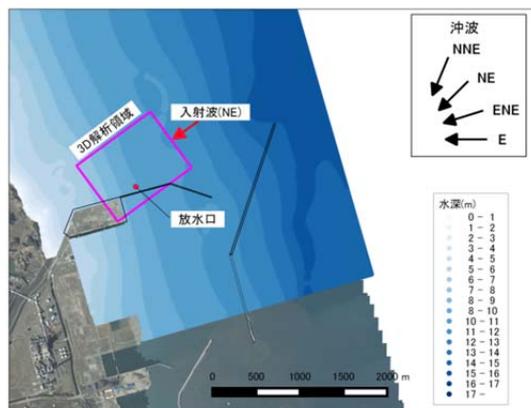


図-1 3次元解析領域図

2. 検討条件

沖波諸元は、日本の沿岸における沖波緒元が記載されている「国総研資料 No. 88 我が国沿岸の波浪外力の分布」(高田ら, 2003)から引用した。3次元モデルの入射波は、沖波から3次元モデル入射境界までの波浪変形計算(エネルギー平衡方程式)により求め、計算は250mメッシュ及び10mメッシュの2段階で行った。波浪条件は、NNE~Eの4方向の50年確率波を対象に波浪変形計算を行い、入射波高が最大となるNEを選定した。また、潮位については、H.H.W.L.とL.W.L.の両方の条件で検討した。一般的に潮位が高い(水深が深い)ほど海底面での波の影響は小さくなるが、砕波点が岸に近づくとき放水口地点での波高が大きくなる可能性があり、放水口地点の底面流速について厳しい条件が一概に選定できなかったためである。

2. 3次元流体解析

本検討では、オープンソースの3次元流体解析コードOpenFOAMより、風波の解析に特化したwaveFOAMソルバーを用いて行った。

(1) 計算条件

放水口周辺の計算メッシュを図-2に示す。非構造格子を採用し、格子サイズは、平面方向で0.5m(放水口周辺)~5.0m、鉛直方向で0.25m程度であり計算点としては約1000万点である。波浪条件は、2次元波浪変形解析で算出した境界地点での有義波高から規則波として時系列の水位変動を与えた。最大の底面流速を算出するには不規則波で行うことが望ましいが、長時間の解析が必要となるとともに、次第に反射波の散乱の影響が大きくなり、放水口設置の影響のみを抽出することが難しくなる。そこで今回は、放水口を設置したことによる底面流速

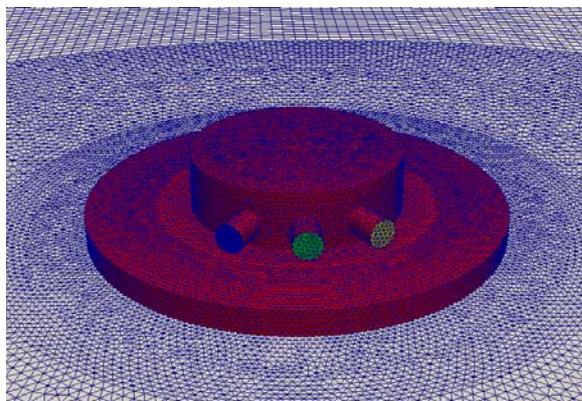


図-2 計算メッシュ

キーワード 放水口マルチノズル, 3次元流体解析(VOF法), 洗掘

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 清水建設株式会社 TEL: 03-3561-3898

の増幅範囲の選定に主眼を置き、規則波での解析とした。解析は放水口のある場合とない場合について行い、放水口のある場合には、マルチノズル（直径 1.51m×3 箇所、海底面から放水口中心までの高さ 2.5m）からの放水流（総流量 26.4m³/s、流速換算 4.98m/s）を考慮した。検討ケースは、H.H.W.L. と L.W.L. の条件で各放水口有り・無しの場合の合計 4 ケースである。

(2)解析結果

入射地点及び放水口地点における水位変動(放水口無しのケース)を図-3 に示す。放水口地点の波高は、L.W.L. では入射地点よりも減衰しているのに対し、碎波直前となる H.H.W.L. 時には増幅していることが確認できる。

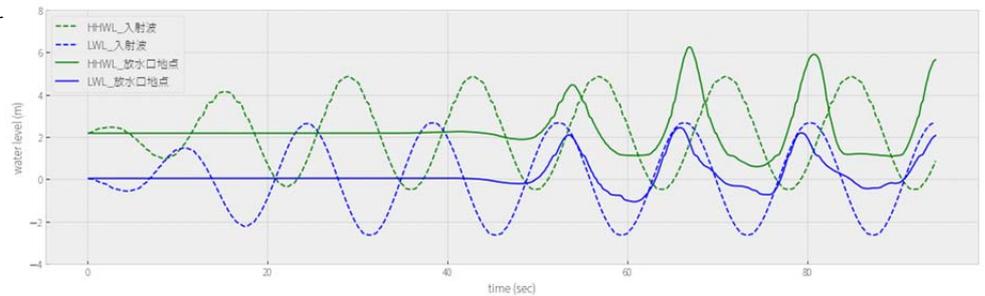


図-3 入射地点及び放水口地点における水位変動

そのため、海底面直上の層の

流速分布(図-4)は、潮位(2.18m)相当水深が深いにもかかわらず H.H.W.L. 時の方が大きくなった。そこで、H.H.W.L. のケースに着目して、放水口を設置したことによる最大流速の変化を比較した(図-5)。その結果、ケーソンの設置に伴う波浪流速の変化もわずかに見られるものの、放水流の影響の方が支配的であることが明らかとなった。

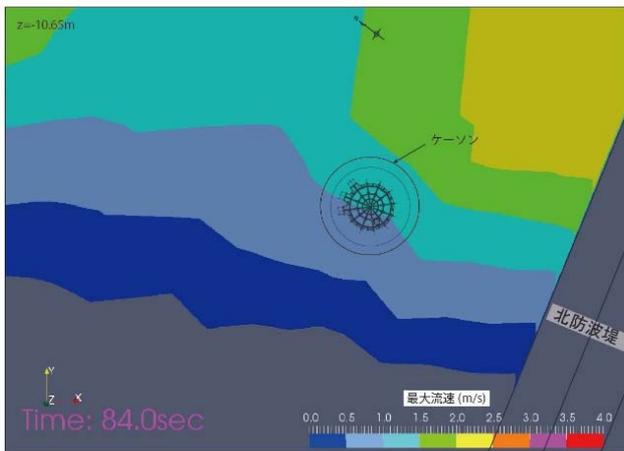


図-4(1) 底面(-10.65m)最大流速 HHWL 放水口無し

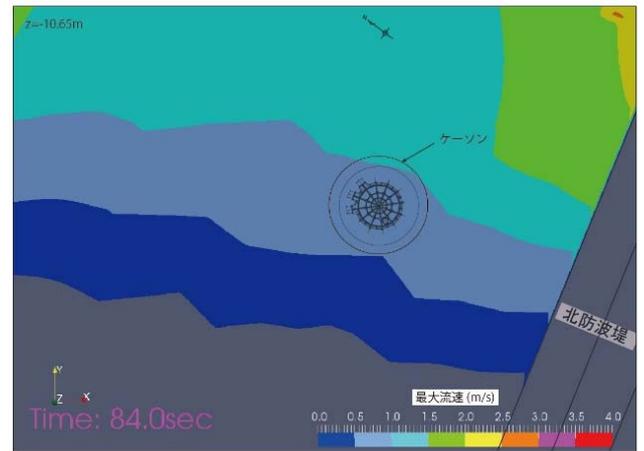


図-4(2) 底面(-10.65m)最大流速 LWL 放水口無し

3. まとめ

今回の 3 次元流体解析 (VOF 法) を用いて放水口周辺底面の流速検討を行った。得られた結果を以下にまとめる。

(1)L.W.L. 時は碎波により波高が減衰するのに対して、H.H.W.L. 時は碎波せず波高の減衰が無いため、H.H.W.L. 時の方が海底面直上の層の流速分布は大きくなる。(2)波の影響よりも、放水口からの放水流の影響の方が支配的となった。単に沖波からの波浪の解析だけでなく、放水流を同時に考慮することが重要である。

今後は、H.H.W.L. 時での不規則波の解析を行いより現実に近い形での地盤底面の流速検討を行う。また、規則波不規則波から得られた結果を総合的にみて、放水口周りで行う洗掘防止工の合理的な設置範囲及び必要重量の設定を行う。

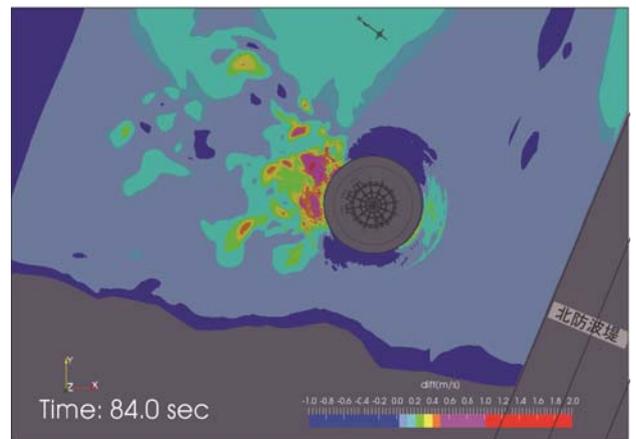


図-5 放水口の有無による底面最大流速差 (HHWL)

参考文献 1)我が国沿岸の波浪外力の分布, 高田悦子ら, 国土交通省 国土技術政策総合研究所資料, 2003 年 6 月