

浮き型地下ダムにおける鉛直二重揚水井の適用性に関する研究

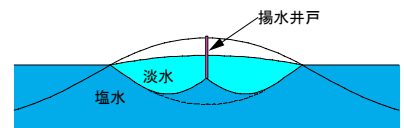
大成建設(株) 正会員 ○増岡 健太郎

1. はじめに

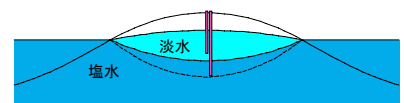
ツバルに代表される大洋の環礁国では安定した淡水資源を確保できるような河川は一般的に存在しない。その大きな要因として、島の原地盤が主に風化石灰岩で形成されているため地盤の浸透能が非常に高く、降った雨はすぐに地盤中へ浸透してしまうことが挙げられる。また、豪雨によって一時的に河川が形成されても、海までの到達距離が短いため、河川は短期間の間に消滅する。したがって、エネルギー資源に乏しい環礁国での淡水源は、一部の高級リゾート施設が海水淡水化プラントを用いているのを除けば、基本的には地表に設けた容器に降雨を直接溜めるか、島の地下に淡水レンズとして存在している地下水に限定されているのが現状である。

それにも関わらず、これらの島嶼国は地球温暖化の影響を最も強く受けると危惧されている。例えば、温暖化に伴う海水面の上昇は、標高の低い島々では陸地面積の減少や島自体の消滅という死活問題であるとともに、地下に存在する淡水レンズの縮小も生じると考えられている¹⁾。また、IPCCでも21世紀中頃までに、気候変動が原因でカリブ海と太平洋の小さな島嶼では乾季における水不足が深刻化すると報告している²⁾。上記のような問題を解決できる可能性の一つに「浮き型地下ダム」が挙げられる。浮き型地下ダムとは、図1下のように、環礁などの地下で矢板を周状に打設し、矢板の内側に淡水を浸透させることで、矢板に囲まれた地下の塩水上に淡水を浮かべた状態で貯留させる技術である。

【従来】



【二重揚水法適用】



【浮き型地下ダム+二重揚水法適用】

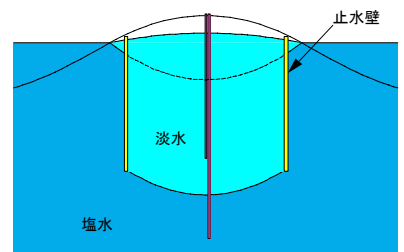


図1 浮き型地下ダムと鉛直二重揚水のイメージ

2. 目的

既往の研究によれば、上述した浮き型地下ダムによる淡水貯留能の有効性に関してはある程度の成果は得られているが³⁾、その取水方法に関しては課題が残されている。これまでは、集水管を水平方向に放射状に配置することで平面的に淡水を採取し、塩淡水境界付近で塩水楔の発生をしにくくした満州井戸形式が考えられてきた。しかし、マクロ的に考えれば通常の井戸と同じであることや、井戸設置対象地盤は風化石灰岩層が主であるため、透水係数が比較的高い場所が多いと考えられ、井戸施工時に釜場排水を併用したとしても非常に大きな労力と時間を費やすなどの問題が生じる。そこで、

本研究では、浮き型地下ダムや海岸帯水層などでの塩淡水境界付近の淡水を取水する際に、簡単に塩水混入を防止することが可能な技術として考案した鉛直二重揚水法の適用可能性について室内試験を元に検討を行った。

3. 鉛直二重揚水法

二つの独立した井戸で揚水または注水を行った場合、理論的には二つの井戸へ向かう流れが相殺される位置が発生する。鉛直二重揚水法とは、この現象を利用した塩淡水界面付近の地下水を対象とした揚水方法のことを言い、二つの井戸のうち一つを淡水側に配置し、もう一つを塩水側へ配置して二本同時に稼働させる揚水システムのことを言う。こうすることで、流れの向きが相殺される位置に塩淡水界面の位置がくるようになり、塩淡水界面での井戸へ向かう流れはきわめて小さくなり、淡水側への塩水楔の発生を少なくすることで効率的な揚水が可能となる。

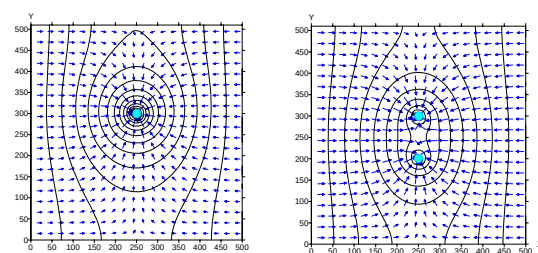


図2 単一揚水と二重揚水の流れ場の違い

キーワード 地下ダム、淡水レンズ、井戸、海面上昇、地球温暖化

連絡先 〒220-0012 横浜市西区みなとみらい3-6-3 MM パークビル 大成建設(株) 横浜支店
TEL: 045-506-0551

4. 試験方法

4-1. 試験装置

試験装置の全体概略を図3に示す。試験装置の主要部材は、鉛直二次元アクリル水槽(t=100mm)、淡水貯留タンク、塩水貯留タンク、定流量ポンプ、涵養装置(多孔塩ビ管)、越流タンクで構成される。鉛直二次元アクリル水槽の内部(図3中ABCD)は試料充填エリアとし、水槽前面の中央には揚水孔を縦に並べて設けてある。充填エリアの外側は水位濃度固定エリアで、下側から定流量ポンプにより塩水を少量ずつ供給することで、エリア内の塩水濃度を一定とした。試験に用いた塩水はフルオレイセンナトリウム(C₂₀H₁₀Na₂O₅)で着色し、目視による塩淡水面の判断を行い易くした。

4-2. 試験手順

はじめに、試料を充填した後に一度水槽内を塩水で満たし、涵養装置を用いて淡水を試料充填エリアへ水槽上部から浸透させた。塩淡水界面の位置が止水部分の下端(図3中EF)まで到達したら涵養を止め、水槽下端から200mmおよび600mmの位置に設けた孔から同時に揚水を行った。揚水した水の電気伝導度を記録することで、塩分濃度の経時変化を調べた。試験は大きく分けて、表2のように淡水側(上部)のみで揚水を行ったケース1と、塩水側(下側)でも上側と同時に揚水を行ったケース2の2パターンで行った。

5. 試験結果

試験結果を図4に示す。図のように、塩水側(水槽下側)と淡水側(水槽上側)の両方で同時に揚水を行ったケース2の方が、淡水側のみで揚水を行ったケース1よりも、揚水孔に塩水が混入するまでの水量が増加し、鉛直二重揚水が単独井戸で揚水を行う場合よりも、塩水混入を抑制することができ、可能性が高いことがわかった。また、ケース1では塩水楔が発生したが、ケース2では水槽中央が盛り上がるような塩淡水界面は観察されなかった。試験開始初期に揚水孔から下の部分に存在する淡水量は、塩淡水界面までの距離を20cmとすれば、100cm×20cm×10cm×0.47=9400cm³である。この量は、塩水濃度が立ち上がり始めた時の積算揚水量と近いことから、効果的な揚水が行われることがわかった。ケース1、ケース2ともに揚水強度に関係なく、ある一定の積算揚水量に到達した場合に塩水混入が生じたことから、本実験条件での分散長は非常に小さいことが考えられた。今後は、実サイトの複雑な地質条件で適用させていきたい。

参考文献

1) 三村信男、原沢英夫：海面上昇データブック 2000, 国立環境研究所 地球環境研究センター
2) IPCC WGII：Climate Change 2007 Impacts, Adaptation and Vulnerability
3) 沖縄県津堅島における淡水レンズ強化試験の可視化 (社)物理探査学会第114回学術講演会論文集 2006年 pp113-114

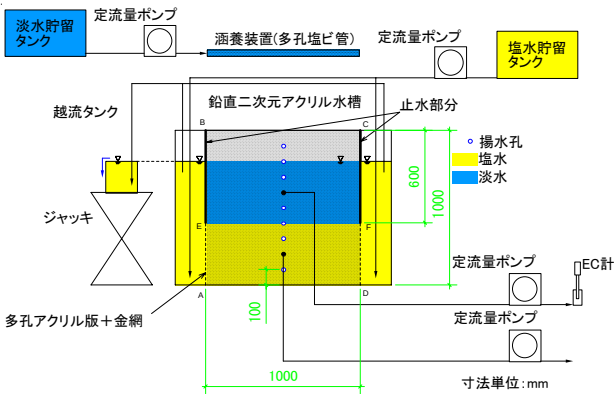


図3 試験装置全体概略

表1 試験物性値

項目	値
土粒子の密度(g/cm ³)	2.826
均等係数	1.62
曲率係数	1.06
D ₅₀ (mm)	0.42
塩水重量濃度(%)	3.0
試料充填密度(g/cm ³)	1.50
間隙率(-)	0.47

表2 試験ケース一覧

ケース	淡水側(上部) 平均揚水強度 mL/min	塩水側(下部) 平均揚水強度 mL/min
1-1	50	なし
1-2	127	なし
1-3	133	なし
2-1	134	141
2-2	135	57
2-3	135	239

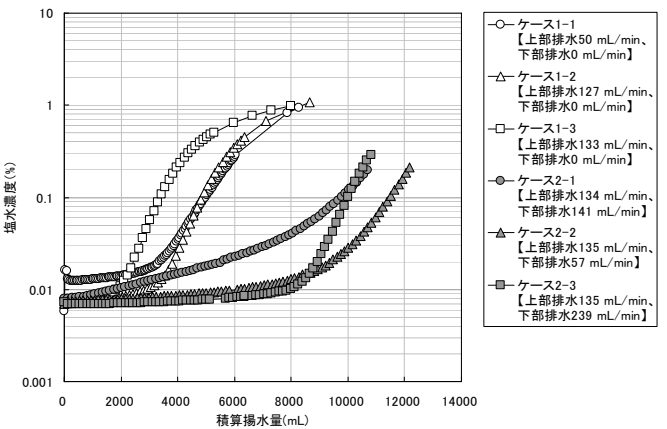


図4 積算揚水量との塩水濃度の経時変化