

第Ⅲ部門

3 次元地下水浸透・圧密解析による都市地下水利用システムの安全性について

関西大学工学部	学生員	○谷上	雅人
関西大学工学部	フェロー	楠見	晴重
関西大学大学院	学生員	玉井	秀直
竹中工務店		小柴	貞弘

1.はじめに

近年、沿岸域における大都市では、地下水上昇、ヒートアイランド現象、地球温暖化等の環境問題が大きく取り上げられている。本研究は、これらの解決策の一つである地下水の有効利用による地下水蓄熱システムの構築について検討したものである。とくにここでは、地下水循環利用に伴う地盤沈下とシステムの有用性についてコスト面と環境負荷軽減効果から検討したものである。

2.帯水層蓄熱利用システム

地下帯水層を利用した蓄熱システムにおいて、重要なことは、地下水を循環させることによって伴う地盤沈下の発生を生じさせないことである。

また、このシステムは図-1の帯水層蓄熱システムの概念図で示されているように、帯水層中の土壌と地下水に熱を蓄えて利用する方式で、地下水の恒温性や地盤の安価で蓄熱容量の大きいことを利用し、夏期の冷房排熱や、冬期の暖房排熱、自然エネルギーなどにより生産される熱を、次の季節に利用するシステムである¹⁾。

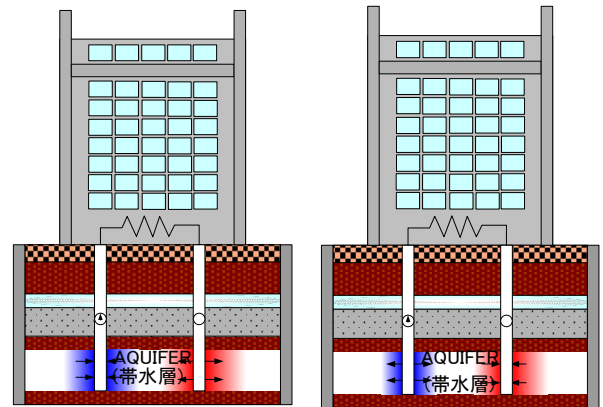


図-1 帯水層蓄熱システム

3.3 次元圧密解析によるシミュレーション

本解析では、ある沿岸大都市部の地層モデルを用いた。図-2は、解析対象領域と地層構成を示している。実際に地下水蓄熱を行う領域は、図中の100m×100m、深さ70mの止水壁で囲まれた部分である。そして、今回帯水層として用いるのは、層厚15mの第2洪積砂礫層であり、そこで揚水・注水を図-3の井戸配置で行う。今回用いている解析手法は有限要素法で、要素分割は要素数92664、節点数99935でメッシュを切っている。また初期条件は全水頭70mとし、境界条件は側面で水頭一定境界、底面は不透水境界として与えている。

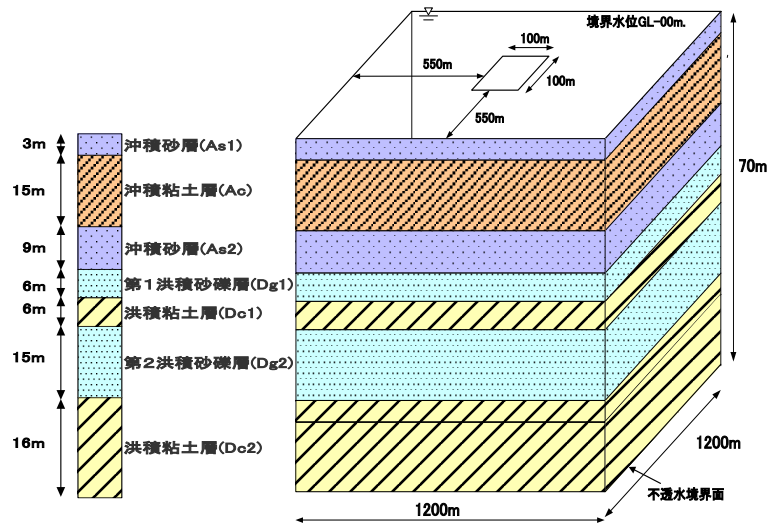


図-2 解析モデル

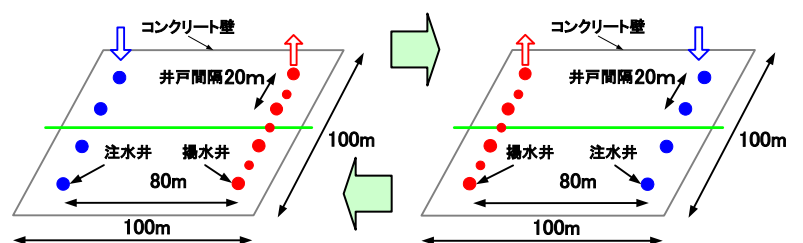


図-3 井戸配置

解析パターン 1 として、0 から 90 日まで、第 2 洪積砂礫層 (Dg2) から $800\text{m}^3/\text{day}$ (12 時間換算)で揚水、98%を注入。90 から 180 日まで揚水・注水を中止。180 から 270 日まで 0~90 日と揚水、注水を行う井戸を逆にして 0~90 日と同じ条件で揚水・注水を行う。解析結果として、図-4 の地表面沈下分布に示されているように 90 日後では、地下連続壁内部に多少の沈下が認められる。180 日後においては全体的に沈下が認められず、90 日後の沈下量を抑制できると考えられる。一方、270 日後は、90 日後と同様の沈下の分布を示すことがわかった。また止水壁の外側では沈下がほとんど見られないことから周辺への影響を及ぼさないと予測される。

パターン 1 では止水壁によって帯水層を囲い込み蓄熱層として利用していた。しかし、地下水の流速が非常に遅いことから熱の移動が少ないと考えられる。

また、止水壁を設置しなければ大幅にインシヤルコストを削減できるため止水壁の必要性を再検討する必要がある。そこでパターン 2 として、地下水循環利用の条件はパターン 1 と同様にし、止水壁を取り除いて解析を行った。解析結果として、図-5 の地表面沈下の分布から不安定な沈下の挙動を示していることがわかる。しかし、沈下量は微量であり、圧密沈下の危険性は少ないと予測される。

4.3 帯水層蓄熱システムの有用性

帯水層蓄熱システムを揚水量 $800\text{m}^3/\text{day}$ (12 時間換算)で一年間運用した場合の電気料金削減額と CO_2 削減量を算出することでコスト面と環境負荷低減効果からシステムの有用性について検討を行った。計算結果から本システムを運用することで電気料金、 CO_2 共に 35%ずつ削減可能であることがわかった。このことからコスト性、環境性の両面で十分有用性があると考えられる。

5.まとめ

3 次元浸透・圧密解析により沈下のシミュレーションおよびシステムの有用性について検討することができた。観測値などの実際の値はないものの、沈下量の推移に精度があることがわかる。止水壁を設置しない場合においては、ほとんど沈下が認められず、周辺地盤への影響もないと考えられる。今後の課題としては、蓄熱層における放熱ロスについて検討し、止水壁の有効性について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 中村 慎：都市部への適用を可能とする帯水層蓄熱システムの設計法に関する研究，京都大学博士学位論文，2002。

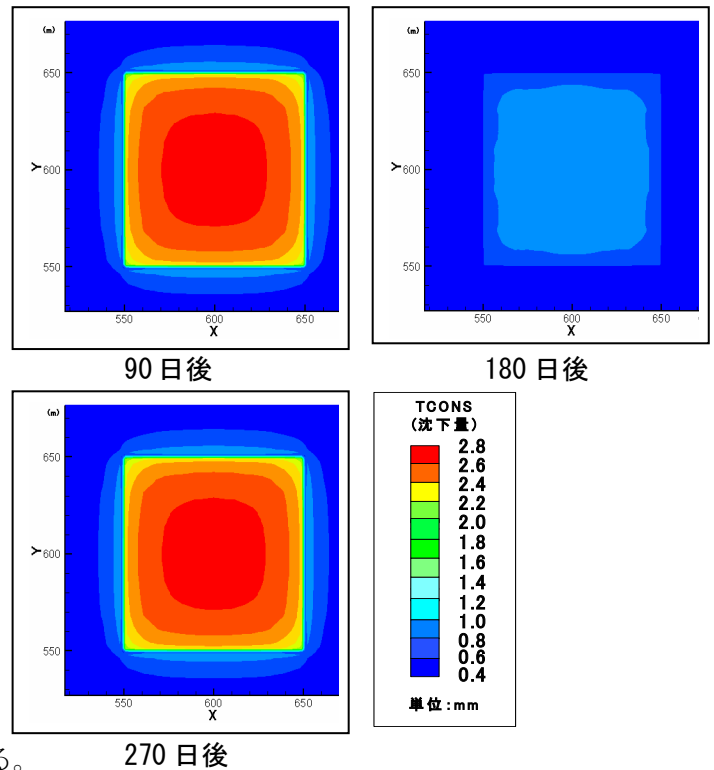


図-4 地表面沈下分布図(解析パターン 1)

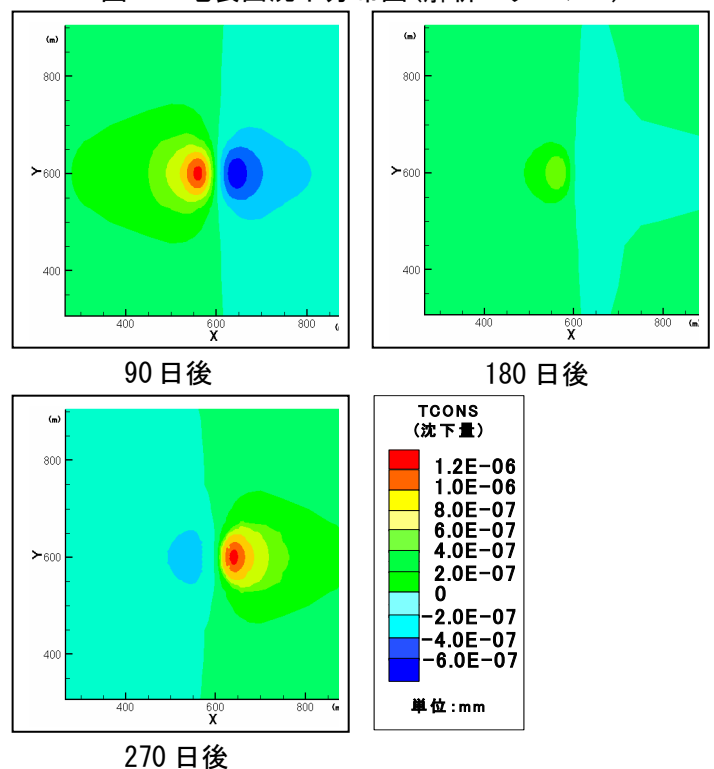


図-5 地表面沈下分布図(解析パターン 2)