

## 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

|          |      |        |
|----------|------|--------|
| 関西大学大学院  | 学生員  | ○玉井 秀直 |
| 関西大学工学部  | フェロー | 楠見 晴重  |
| 竹中工務店    |      | 中村 慎   |
| 環境総合テクノス |      | 岩本 勲   |

## 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、地下水の揚水に伴う地盤沈下と止水壁を設置することによって生じる流動阻害の数値シミュレーションを行い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。

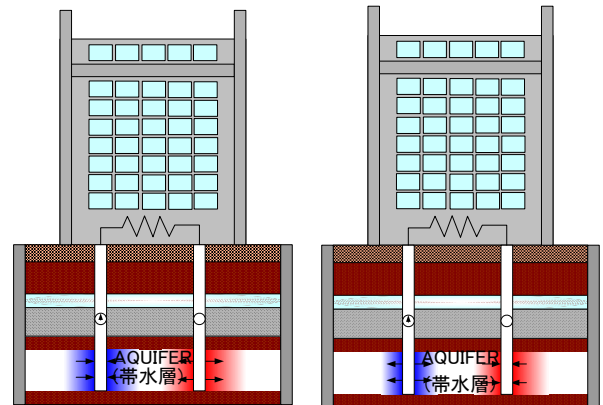


図-1 帯水層蓄熱システム

## 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75992、節点数82080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。

解析パターン1として、0から90日まで、

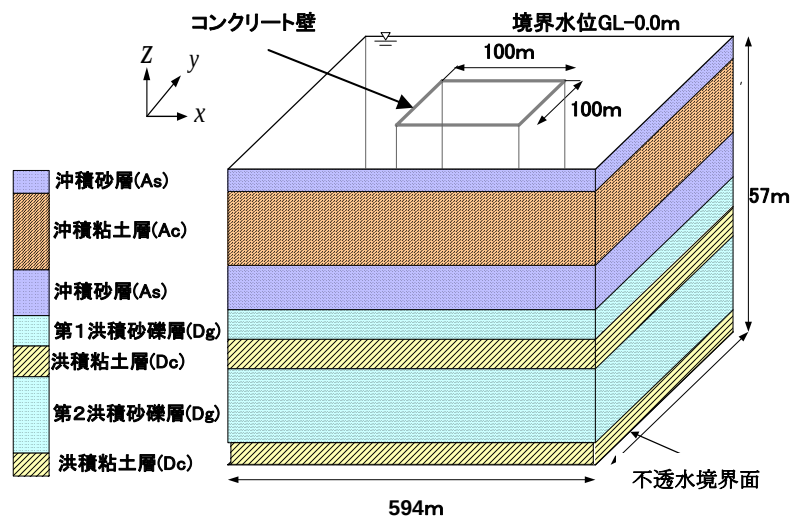


図-2 解析モデル

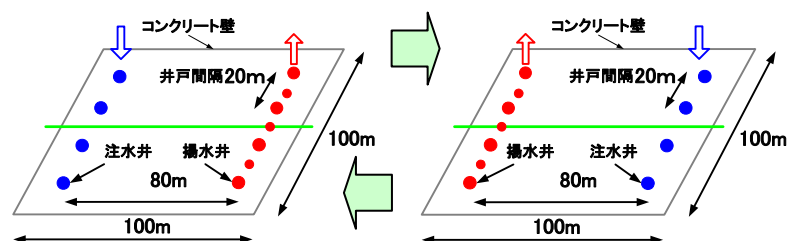


図-3 井戸配置

第2 洪積砂礫層 (Dg2) から  $618.6\text{m}^3/\text{day}$  (12 時間換算) で揚水、100% 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、図中の右側で揚水を行っているため、その範囲で沈下が多少生じている。また左側では注水を行っていることから隆起している値をとるが解析上の数値のため、左側では沈下が起こっていないと推定される。沈下量より隆起量の値が大きい原因は、揚水井 7 本に対し、注水井 4 本のため、注水井 1 本は揚水井の  $7/4$  倍の量を注入しているからだと考えられる。180 日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 日後と揚水・注水を入れ替えていることからほぼ相反の関係になっている。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。

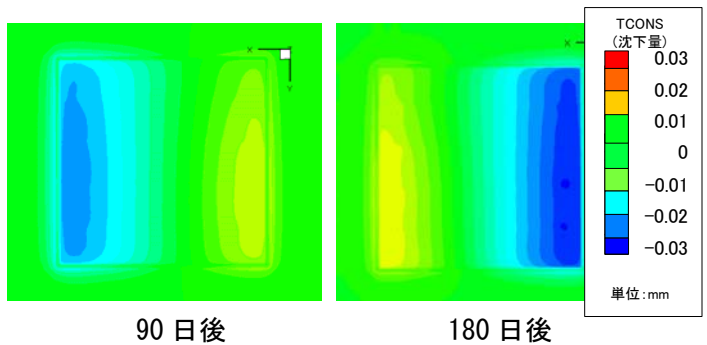


図-4 地表面沈下分布図 (解析パターン 1)

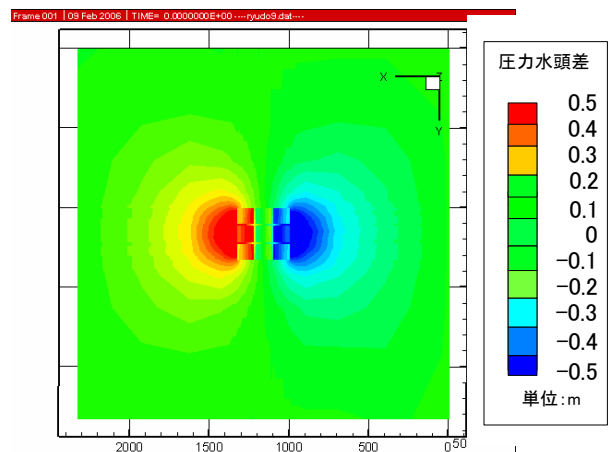


図-5 連続壁設置前後の圧力水頭 (解析パターン 2)

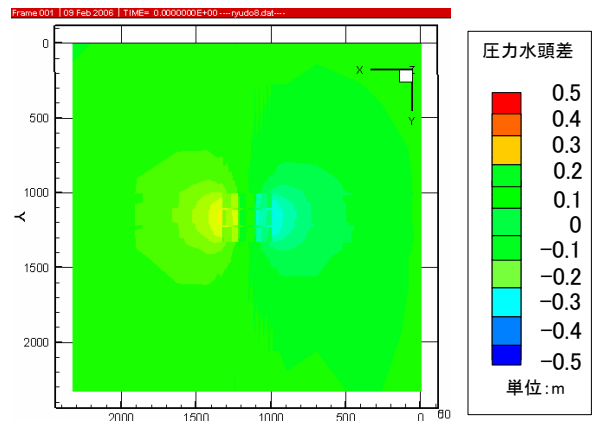


図-6 連続壁設置前後の圧力水頭 (解析パターン 3)

#### 4.3 次元浸透流解析によるシミュレーション

次に図-2 の解析モデルの領域を  $2326\text{m} \times 2326\text{m}$  とし、中央付近に  $100\text{m} \times 100\text{m}$  の止水壁を 9 つ設けた。その他の条件は 3. と同様にして、水頭を変化させて地下水流動と想定し、その流れによっての止水壁周辺の圧力水頭で地下水変動の挙動を示した。

解析パターン 2 は地下水流動の勾配を 0.6% とし、解析パターン 3 は地下水流動の勾配を 0.2% と設定して、2 つの結果を比較した。

どちらの解析結果も、流動に対して上流側で水位が上昇し、下流側で水位が低下していることが認められた。解析の比較を行った結果、地下水流動の勾配を大きくすると、地下水変動量が大きくなることを示せた。実際の地盤の地下水勾配は解析パターン 3 となっており、解析パターン 3 の結果から、地下水変動量が最大  $\pm 0.3\text{m}$  となっていることが表せた。

#### 5. まとめ

3 次元浸透・圧密解析により沈下・流動障害のシミュレーションを行うことができた。観測値などの実際の値はないものの、沈下量・圧力水頭の推移に精度があることがわかる。沈下量においては、最大で  $0.01\text{mm}$  とほとんど沈下が認められず、止水壁外でも影響がないと考えられる。また放置期間で沈下量を抑制する要素も踏まえているので、季節間を有効に利用した帯水層蓄熱システムの有効性が示された。今後の課題としては、流動障害において地下水変動量の値から周辺への影響評価を行う必要がある。

#### 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。