

Ⅲ - A235

地下水の環境保全に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠
 （株）熊谷組 正会員○福井 博文
 岡山大学大学院 非会員 竹内 将暢

1. はじめに

地下水の環境保全を目的にした地下水の浸透を復水によって保全する工法は、従来より注目されてきたが、その設計方法は確立されたものではない。復水工法で大切なことは地下水の浸透を長期的に同じ状態に保つこと、すなわち、復水機能の低下を最小限にすることである。そのために最も重要なことは浸透機能で目詰まりを起こさぬことである。従って、どのような復水工法の設計をすれば目詰まりが生じにくいのかの設計手法を確立することが急務となっており、この復水機能低下の軽減に効果があると考えられる満州井戸について検討を行った。満州井戸の浸透特性については西垣らの研究¹⁾より、浸透は鉛直方向に依存しており、最大動水勾配は横井戸先端で発生することが3次元浸透解析によって明らかとなっているが、これを大型3次元土槽モデルによって確認し、解析では明らかにできない横井戸周辺の目詰まりに注目した。

2. 試料物性

ゆる詰めで透水係数 $k=5.05 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ の川砂で、実験モデルと同じ手順で作成した供試体で、目詰まり試験を行ったところ、目詰まりを起こさせない許容動水勾配 $i_{r,c}=0.50$ であった。

3. 実験モデルの3次元浸透流解析

実際にモデル実験を行うにあたり、最大動水勾配や流量の予測、及び実験結果との比較を行うため、実験と同じモデルによる3次元浸透流解析を行った。解析から得られる動水勾配分布を図-1に示す。最大動水勾配発生地点は横井戸先端直上で、 $i=2.07$ となり目詰まりの発生が予想された。図-2に横井戸の各地点からの注入流量を示す。これより、横井戸先端に行くにつれて流量が多くなっていることがわかる。これはHantushの理論²⁾における“横井戸の注入流量は各点で等しい”という理論の矛盾を示している。さらに、図-3に横井戸鉛直断面方向の等ポテンシャル分布を示す。これより満州井戸による注水の流線及び流速を推測すると、横井戸周辺においては等ポテンシャル線が横井戸に水平かつ密であることから、横井戸周辺においては流線が横井戸と直交しており、かつ流速が大きくなっていることが分かる。また、横井戸先端の方が等ポテンシャル線がより密になっているのが分かる。なお、本解析から予想される本実験の注入流量は $Q=53.55 \text{ cm}^3/\text{s}$ である。

4. 実験手順

実験装置概要図を図-4に示す。なるべく飽和度が高くなるように川砂を高さ145cmまで詰め、下流側の水位を100cm、上流側の水位を120cmにし、マンメーターの水頭とトレーサーによる浸透流方向の経時変化を計測した。

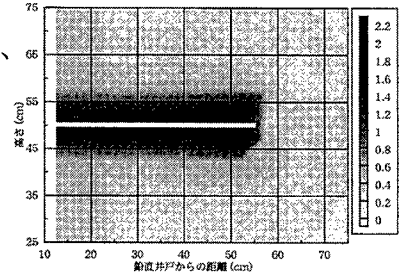


図-1 横井戸鉛直断面方向動水勾配

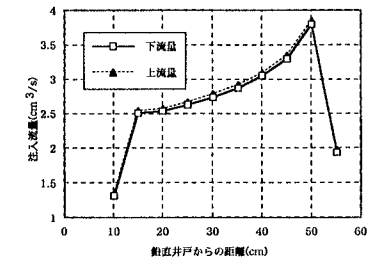


図-2 横井戸からの注入流量

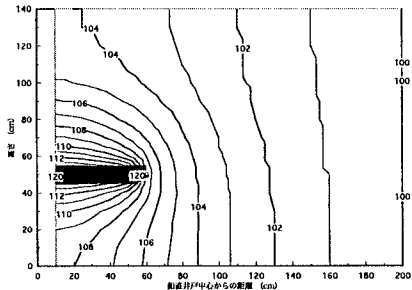


図-3 横井戸鉛直断面等ポテンシャル分布

キーワード 地下水保全、復水工法、満州井戸、目詰まり
 連絡先（〒700 岡山市津島中2-1-1 TEL 086-251-8167）

5. 実験結果及び考察

図-5に流出流量の経時変化を、マンノメーターの計測値より算出される動水勾配を図-6,7に、マンノメーターによって計測した等ポテンシャル分布を図-8,9に示す。図-5より注水開始後40分で流出流量は一定となり、その状態は注水開始後6時間後まで続き、それからほぼ一定の減少率で流量が低下しており、目詰まりが発生していると考えられる。そこで動水勾配分布に着目する。図-6はほぼ定常と判断される注水開始3時間後、図-7は注水終了後(170時間後)の動水勾配分布である。図-6より高動水勾配は井戸直上、直下に集中しており、その最大値は横井戸先端であり、その値は2.35で許容動水勾配を上回っている。これにより、井戸近傍においては図-7からも分かるように目詰まりが発生しており、流出流量の経時的な低下の原因は井戸近傍の目詰まりであることが分かる。また、初期のトレーサー注入試験の結果は解析で得られた結果と良く適合していた。さらに、図-8の等ポテンシャル分布から、横井戸の浸透は鉛直方向に依存していることが分かる。しかし、注水開始後から時間が経過するにつれて、その浸透方向は水平方向に近づき、流線が明らかになるまでに要する時間が増大する。これはモデル地盤の透水性が目詰まりが進行して行くことによって悪化し、徐々に注水される浸透流速が落ちているためだと考えられる。

これは最大動水勾配が生じる横井戸先端で目詰まりが生じ、動水勾配が最大となる部分が横井戸先端から根元の方へ移動し、この繰り返しによって横井戸近傍の透水性悪化の悪循環が進行していく。これが復水工法における満州井戸において最も懸念される問題点である。これを防ぐために、定水位注水ではその水位差を決定し、横井戸先端に発生すると予想される最大動水勾配を復水地盤の許容動水勾配内に抑える設計をすることが重要であり、横井戸近傍の動水勾配の検討を行うには数値解析などによる検討が必要となる。

6. おわりに

大型3次元土槽モデルによる注水試験により、満州井戸の浸透特性、及び目詰まりによる浸透特性の変化を把握することができた。今後、横井戸本数や動水勾配を変化させたパターンの検討が必要である。

<参考文献>1) 西垣・福井・横田:地下水保全のための復水井の設計法に関する研究,第31回地盤工学研究発表会講演集,pp.2157-2158,1996.

2) Hantush.M.S:HYDRAULICS OF WELLS,Advance in HYDROSCIENCE,ACADEMIC PRESS,VOL1,PP.397-407,1964.

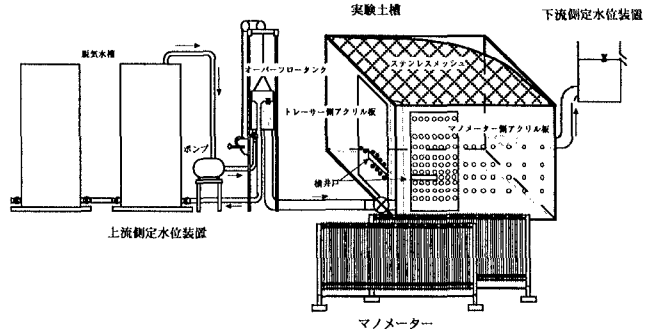


図-4 実験装置概要図

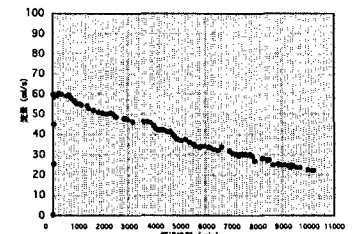


図-5 流出流量の経時変化

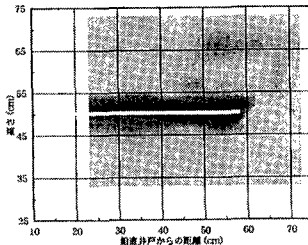


図-6 鉛直断面動水勾配
(3時間後)

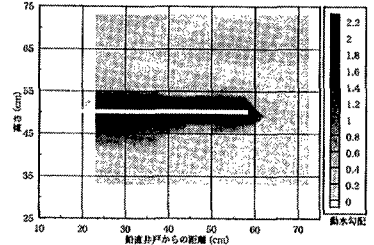


図-7 鉛直断面動水勾配
(170時間後)

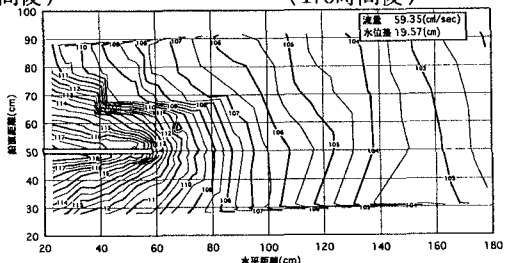


図-8 鉛直断面等ポテンシャル分布 (3時間後)

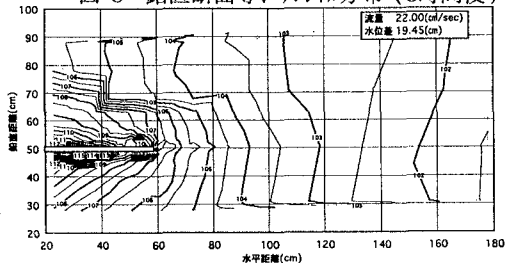


図-9 鉛直断面等ポテンシャル分布 (170時間後)