

1. はじめに

一般に、浸透流の目詰まり現象は、浮遊懸濁物質（SS）が砂層面を被覆することにより起き、流出水量が減衰と言われていた。そこで、蒸留水を用いた浸透実験を長期間（日数のオーダー）にわたり行った結果、SSを含まない水を使用したにもかかわらず、ダルシーの法則では表現されない流量の減衰が得られている。その原因として、流動電位が関与しているのではないかと提案した¹⁾。しかし、本研究において、流量の減衰した原因は、化学的な変化によるものであることが判明したので報告する。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図1に示す。装置は透明アクリル板で作製し、水槽の内寸法は10cm×10cmの矩形でU字型をしたものであり、高さ62.5cmである。U字型の円形部分の半径は中心線より15cmとした。このU字型水槽に標準砂の粒径に近いガラスビーズ（粒径 0.149～0.250mm・比重2.5）を8kg充填した。ガラスビーズ厚さは50.8cmとなり、間ギャク比0.37を得た。このときの充填方法は、あらかじめ水を湛えた水槽にガラスビーズを静かに少量づつ加え、側壁をたたきながら緻密に充填した。このことにより浸透層を固体と液体のみにし、エントラブットエアーのない状態にした。

なお、ここでU字型の水槽を用いたのは、浸透実験における砂層面でのフィルターをなくし、浸透水が与えられた粒径のみ通過させるためである。

実験は、延べ35日間行い、水位差Hを5cmとし、22日目では流入水を止めて、水位差を無くし6日間放置したのち、ふたたび水位差5cmとした。

測定項目として、流出水量、電位差（DC Potentiometer）、流入水と流出水の電導度（電導度計）、さらに、実験後半よりpH（ガラス電極）、これらを計測した。特に、流出水量は、毎日午前11時の定刻より一定量採水（約1時間）して実測した。

なお、実験は、温度20℃、湿度60%に維持された恒温室内にて行い、蒸留水は水道水を一度蒸留したのちイオン交換樹脂を通した蒸留水（水温20℃）を使用した。

3. 実験結果

図2の実験結果は、流出水量と電位差および電導度とpHの経日変化である。

流出水量は時間の経過とともに減少した。ここで、6日間放置したのち、ふたたび水位差5cmとしたのは、こうした減水する傾向が水理学的な特性によるものであるならば、ふたたび水位差を与えると同様な変動を繰り返すと考えたからである。しかし、減衰の傾向は変わらなかった。電位差は、流出水量が減衰するのとは逆に増加しながら約210mV前後の値を示した。停止期間では約230mVであった。このことは流動電位ではない何かほかの要因で電位が発生していると考えられる。なお、27日目では40mVまで下がっているのは電極にアースを取って短絡させたためである。30日目以降は、電位差の測定時以外は短絡状態にしたからである。こうすることにより流出水量に変動が起きるかを試みたが減衰の状態は変わらなかった。

電導度は流出水に比べ流入水の方が高いので、流入水の方を純水とすると流出水には何らかの不純物が

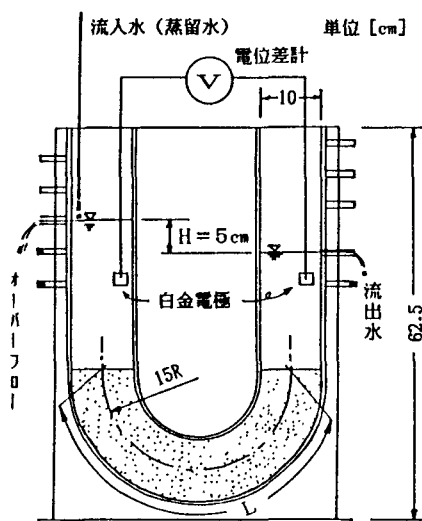


図1 実験装置の概略

含まれていると考えられる。そこで、実験の後半より pH の測定も行った。なお、●印は停止期間中に流入側および流出側の水槽に電導度計のセンサーを沈めて計測した値である。pH の平均値は流入水が 5.63 の酸性であり、流出水は 9.43 のアルカリ性を示した。

こうして、実験が終了したので、あとかたづけをするために装置を移動した。このときの揺れによって、流入側の浸透面にのみ白膜のゲルが形成されているのを発見した。このゲルについては、ガラスビーズが細かくて白いために同色のゲルを実験期間中に発見することができなかった。

4. 考察

流出水量の減水した原因は、まず、長期間にわたり使用したビーズが水に溶解したからである。今回使用したビーズは、ケイ酸ナトリウムを主成分とするソーダ石ガラスであり、 $\text{NaO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ により示される非晶体である。このうちケイ酸カルシウムは水に溶けないが、 Na_2SiO_3 は可溶性である。このことにより流出側がアルカリ性になったのである。流入水が酸性であるのは、蒸留水に空気中の二酸化炭素が吸収されて炭酸ができるからである。よって、流入側の浸透面に形成された白膜のゲル形成の化学反応は、 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3$ により示される。

図3に流量の経時変化を両対数グラフにプロットしたものを示す。100時間の所で減衰の傾向が変化していることがわかる。そこで、ある時間 t における流量 Q を求める。

$$20 \leq t \leq 100 \quad \text{で} \quad Q(t) = 66.0 \left(\frac{t}{100} \right)^{-1.43}$$

$$100 \leq t \leq 524 \quad \text{で} \quad Q(t) = 66.0 \left(\frac{t}{100} \right)^{-0.67}$$

を得た。また、こうした状態で発生した電位差は水素イオンの濃淡電池の式 $E = \frac{RT}{F} \ln \frac{a_1}{a_2}$ によって求められる。ここで、 R は気体定数、 T は絶対温度、 F はファラデー定数、 a は活量を示す。この式に pH の平均値を代入すると 221mV となり、発生した電位は水素イオンの濃度勾配によって説明される。

【謝 辞】

本研究の一部は、本学同窓会の昭和63年度学内助成を受けて行ったものである。また、実験では、白石努君と甘浦武美君に協力して頂きました。さらに、学内諸兄の生方に御助言や御協力をいただきました。ここに記して、深く感謝の意を表します。

参考文献 1) 中山：浸透流出水量の過渡応答特性について、第43回年次学術講演会概要集2 pp.186~187

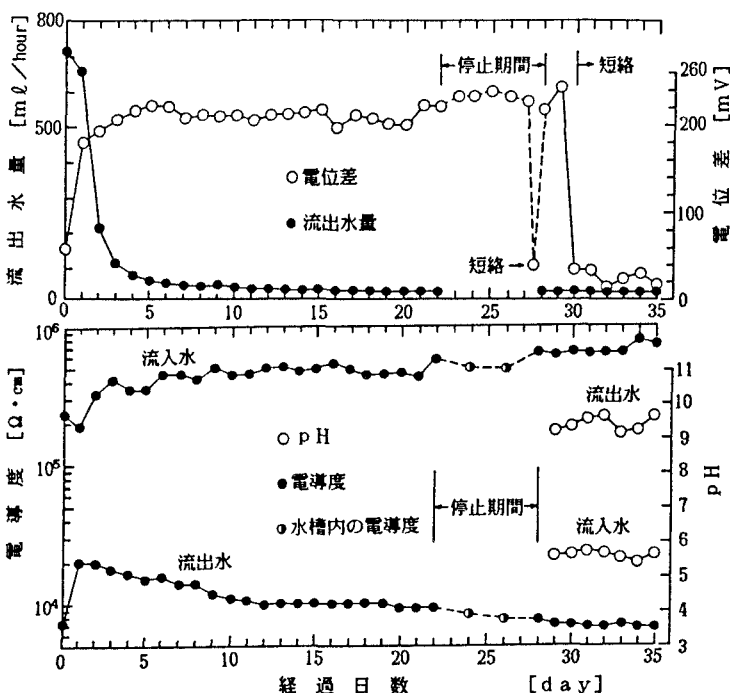


図2 実験結果

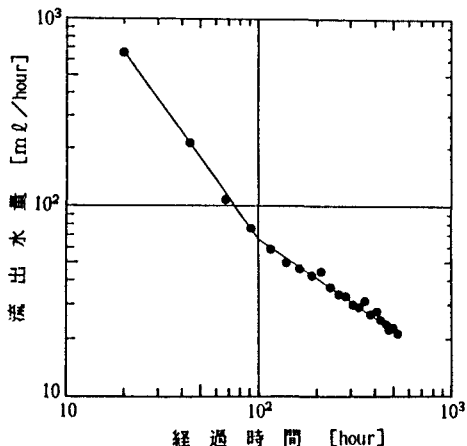


図3 流出水量の経時変化