

III-506

目詰り現象における最適動水勾配に関する実験的研究

鹿島技術研究所 正員 川端淳一 正員 鬼木剛一 正員 瀬尾昭治

1. はじめに

復水工法等で地盤中に地下水の人工涵養を行う場合、注水圧に応じた目詰りが発生し注水効率が低下する。しかしながら、その特性を定量的に把握することが困難なため、実施工時においても、注水圧は試行錯誤的に決定されているのが現状である。本報では、土粒子の再配列によって発生する目詰り現象について、注水圧に応じて定まる各動水勾配における注水効率の低下現象を定量的に把握することを目的として、1次元透水試験を実施した。また、その試験結果に基づき、井戸による復水工法における注水圧の制御方法についての考察を試みた。

2. 透水試験の概要

図-1に、1次元透水試験装置の概要を示す。試験用モールドは、直径 200mm、長さ 500mmの亚克力円筒形で、上下端にはオーバーフロータンクを設けて任意の動水勾配を強制的に与えるようになっている。模擬地盤は目詰りの発生しやすい砂地盤を想定し、細粒分約10%、均等係数1.5、 $D_{50}=0.125$ の成田砂を用い、相対密度72%となるように締固めた。実験は設定動水勾配 $i=1\sim6$ のそれぞれ場合について、流量および圧力水頭分布の経時変化を約1週間(10000min)にわたって測定した。各実験の際には、前もって、土粒子の再配列による目詰りが起きにくいとされている動水勾配 $i=0.03$ で透水試験を行い¹⁾、試料の初期透水係数 k_0 を求めた。その結果、今回の実験における模擬地盤の平均透水係数は $k_0 = 5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ であった。各動水勾配における注水効率の低下現象は、注水量の経時変化 $q(t)$ を、初期透水係数により求められる基準流量 $q_0 (=k_0 i A; A: \text{モールド断面積})$ によって無次元化した、比注水量によって表現した。

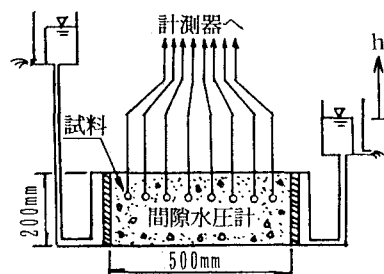


図-1 試験装置の概要

3. 試験結果及び考察

3-1 目詰りのメカニズム

図-2には各動水勾配における比注水量の経時変化を示す。図中の曲線は閉塞モデル ($q(t) = e^{-bt} + q_0$) を同定させたものである²⁾。比注水量は、低動水勾配 ($i=1\sim2$) の場合、徐々に低下し定常値に漸近していくのに対して、高動水勾配 ($i=4\sim6$) の場合には、当初の段階で0.5以下に瞬時に低下し、その後は緩慢に低下していく。

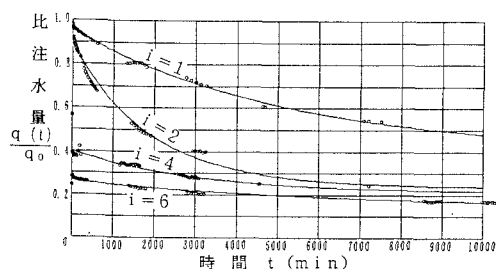
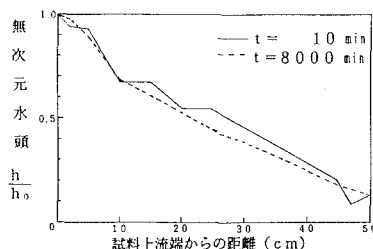
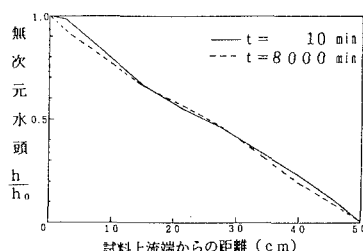


図-2 比注水量の経時変化（閉塞モデルを同定）

図-3.1、3.2は圧力水頭分布の経時変化を動水勾配 $i=1$ 、 $i=6$ の2ケースについて示したものである。 $i=1$ の場合には、実験開始後1週間経過した時点で上流から10cm程度ま

図-3.1 圧力水頭分布の経時変化 ($i=1$)図-3.2 圧力水頭分布の経時変化 ($i=6$)

での間に相対的に高動水勾配の領域が発生するのに対して、 $i=6$ の場合には、高動水勾配の領域は15cm程度までとなり、その動水勾配も $i=1$ の場合に比べて緩やかである。

以上の結果より、低動水勾配 ($i = 1 \sim 2$) の場合には、時間をかけて細粒分が移動し上流端から10cm程度までの範囲で徐々に目詰り領域を形成する一方、高動水勾配 ($i = 4 \sim 6$) の場合には、短時間中により多くの粒子がより下流側に移動することによって、やや広範囲で目詰り領域が形成されるものと考えられる。 $i = 4$ 程度になると大部分の粒子の移動は瞬時に発生し、目詰りもほとんどそれで終了するが、目詰りに伴う部分的な高動水勾配領域の発生によって次段階での粒子移動等が発生し、その後も目詰りは緩慢に進行するものと考えられる。

3-2 浸透能の評価

各動水勾配における比注水量に、動水勾配を乗じたものを浸透能と定義し、動水勾配の変化に伴う実際の可能注水量を評価する。図-4は、浸透能の各時間までの積分値及び最終定常値と、設定した動水勾配との関係を示したものである。1日半の注水では、勾配による明確な浸透能の違いはなく、効率的な注水を行うには目詰りが起きない分低動水勾配に設定したほうが良いということになる。一方、1週間以上の注水が続けると、 $i = 4$ 程度まで浸透能は徐々に向上するが、さらに動水勾配を増しても余り向上しない。したがって、この模擬地盤では、 $i = 4$ 程度が注水量を最も多く得るための最適な動水勾配 i_o であるといえる。

このことは、実際の復水時にも定常動水勾配が $i \leq i_o$ となるような範囲で注水圧をコントロールする必要があることを示唆している。

4. 試験結果の復水工法への応用

前項の考察を被圧帯水層に井戸による復水を行う場合に適用し井戸損失を無視してモデル化したのが図-5である。復水開始後、定常状態に達すると、復水井近傍には注水圧に応じて中心から距離 $r = r_1$ までの低透水係数 k' の目詰りゾーンを設定することができ、その間の動水勾配は相対的に急になる。したがって、注水圧が H_o の場合、 $r = r_2$ における水位は $r = r_1$ での水位 H_o' によってコントロールされることになる。注水圧が H_o から H_1 に増加すると目詰りゾーンでの動水勾配も i_o から i_1 に増加するが、最適動水勾配 i_o 以下であれば、 $r = r_1$ での水位は H_o' から H_1' に上昇し注水量も増える。しかし、仮に、復水井の水位を H_2 にした時に発生する目詰りゾーンでの動水勾配 i_2 が最適動水勾配 i_o を越えたとすると、それ以上浸透能は向上せず、浸透能が低下すれば図-5に示すように $r = r_1$ での水位は H_2' へと逆に低下し、注水量や $r = r_2$ における水位は減少することになる。したがって、注水圧 H は目詰りゾーンにおける動水勾配 i が i_o 以下となるように設定する必要がある。このような現象を把握しながら復水を行うためには、復水井近傍の目詰り発生領域（本実験と同様な地盤の場合20cm程度以下と考えられる）外側に観測井を設置し、目詰りゾーンの動水勾配をモニタリングしながら復水を行うことが効果的と考えられる。

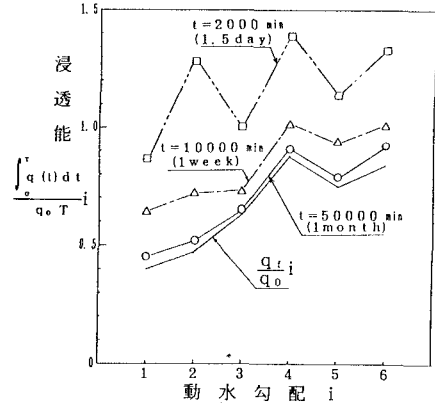


図-4 動水勾配と浸透能の関係

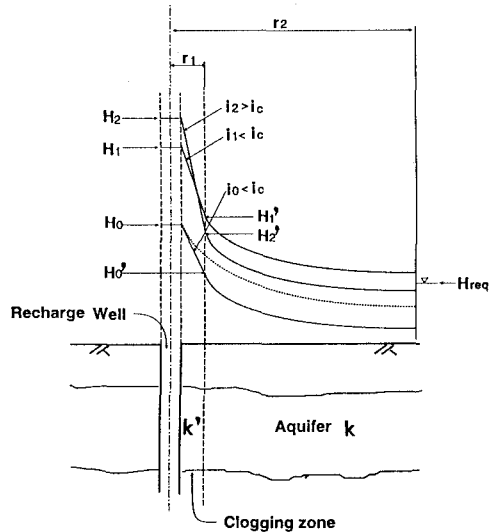


図-5 限界動水勾配を考慮した復水工法のモデル

以上の考え方に基づいた復水設計法の確立と実証が、今後の研究課題である。

<参考文献> 1) 西垣、田中ら：復水工法の見詰り特性に関する研究，第46回年次学術講演会。

2) 鬼木、笹倉：復水工法における注水量の時間依存性の評価について，第47回年次学術講演会。