

不圧・被圧帯水層における塩水浸入機構の特性について

九州産業大学工学部 正会員 岩満 公正  
 " " 細川 土佐男  
 九州大学工学部 学生会員 中川 啓  
 正会員 神野 健二

1. はじめに

近年、離島などの海岸地域に水資源確保のため地下ダムの計画や建設が行われている。この場合、海側から地下水中へ侵入する塩水の侵入機構の特性について把握しておくことが大事である。著者らは、これまでに透水係数が均一な単一の帯水層への塩水浸入機構の特性について室内実験や分散混合を考慮した数値計算により検討を行い明らかにしてきた。しかし、地下ダムの建設が行われる現地の地盤は、透水係数が均一な単一の地層の場合が少なく、鉛直方向に透水係数の大きさが異なる多層の場合が多い。従って、水理学的には鉛直方向に透水係数の異なる地層が重なることにより、不圧や被圧状態の帯水層が形成されている。そこで本報では、このような帯水層に塩水が侵入する場合の侵入機構の特性について室内実験により検討を加えたものである。

2. 実験装置と実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。実験水槽は大きさが長さ100cm、幅15cm、高さ60cmの塩ビ板製で、水槽の左右に水位調節装置を設けた。水槽の左右の側壁から10cm、30cmの位置に使用した砂の大きさに対応した網目の金網を設置し、この金網で囲まれた長さ60cm、幅15cm、高さ60cmの大きさの領域に透水係数が異なる5つの地層が重なっている多層地盤を、図-1に示すように作成した。すなわち、一番下の第1層の作成にはベントナイト、下から3番目の第3層には均等係数  $U_c = 1.5$ 、比重  $G_s = 2.556$ の豊浦標準砂、一番上の第5層には均等係数  $U_c = 1.5$ 、比重  $G_s = 2.674$ の相馬砂を用いた。第2層には、均等係数  $U_c = 3.9$ 、比重  $G_s = 2.631$ の西戸崎砂をジョウクラッシャーとボールミルで粉砕し粒径範囲を0.05~0.105mmにしたものを、第4層には、西戸崎砂を0.025~0.05mmの粒径範囲に粉砕したものをを用いた。表-1に定水頭及び変水頭法で測定した各層の砂の透水係数と粒径範囲を示している。

実験は以下の手順で行った。まず、左右のヘッドタンクに水道水を給水した後、水深をそれぞれ46.0cm、40.0cmに設定し、帯水層内に左側から右側への流れを起こさせ、流出量がほぼ安定するのを待つ。流出量が安定した後、右側の

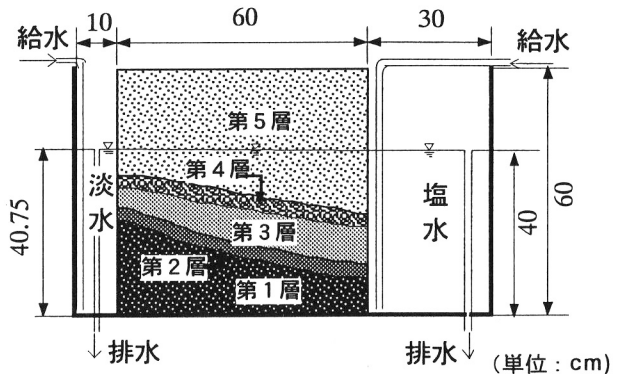


図-1 実験装置の概略

ヘッドタンクの水道水と塩水浸入領域の目視観測が可能ないように食用色素赤色2号で赤紫色に着色した密度  $1.025(g/cm^3)$ の塩水を入れ替えて水深を40.0cmに設定し、再度流れを安定させ赤紫色の塩水が帯水層に侵入

表-1 粒径範囲と透水係数

層	粒径範囲 (mm)	透水係数 (cm/s)	比重
第1層	ベントナイト	—	—
第2層	0.05 ~ 0.105	$3.34 \times 10^{-3}$	2.603
第3層	0.105 ~ 0.5	$2.40 \times 10^{-2}$	2.566
第4層	0.025 ~ 0.05	$3.81 \times 10^{-4}$	2.598
第5層	0.25 ~ 2.0	$3.80 \times 10^{-1}$	2.674

しない状態を初期条態とした。この初期条態から左側の淡水の水深を40.75cmまで一気に低下させた後の塩水の非定常侵入過程について、ビデオと写真撮影により一定時間ごとに塩水侵入域の観測を行った。

### 3. 実験結果と考察

写真-1から4は、実験期間120日の中から一例として、実験開始後10分、180分、7日、17日の模様を示している。塩水は、まず最初に透水係数が一番大きい第5層に侵入し、次いで透水係数が二番目に大きい第3層に侵入し、に時間が経過した後、係数が三番目に大きい第3層に侵入している。

第5層の不圧帯水層へは、実験開始直後から塩水がくさび形状に浸入し、実験開始2時間後から浸入域は変化しなくなり、この層における流れは安定した状態になっている。

侵入した塩水の色は、ヘッドタンクの塩水の色と同等に鮮明な赤紫色である。

第3層は、直上の第4層の透水係数がこの層より2オーダー小さいため被圧帯水層になっている。塩水はゆっくりとくさび形状に侵入し、まず、侵入域の塩水ヘッドタンク側が先に拡がって第4層の下部に接した後、侵入域の先端部分がさらに侵入し実験開始後7日目から変化しなくなる。淡水と塩水の境界は、侵入域が拡がるにつれて鮮明ではなくなっている。また塩水侵入域の色は、第5層に比べて薄くなっている。

第2層へは、まず実験開始後150分に塩水ヘッドタンク側から塩水の侵入が始まり、次いで180分後から上の第3層からも侵入している。従って、侵入域はくさび形状を示していない。また、塩水侵入域の色は、他の層の侵入域の色に比べて薄く、塩水域の先端の色は一段と薄くなっている。

第4層へは、透水係数が  $3.81 \times 10^{-4} \text{cm/s}$  と小さいため塩水が侵入しなかった。しかし、第1層は、透水係数が非常に小さい粘土質のベントナイトを使ったため、塩水の侵入はないと考えていたが、第2層に侵入した塩水が上部から侵入している。侵入した塩水の色は非常に薄く、塩水の濃度が低いと考えられる。

### 4. 終わりに

本報では、鉛直方向に透水係数が異なる地層が重なることにより作られる不圧・被圧帯水層への塩水侵入の実験を行い、帯水層の相違による侵入の特性が把握できた。今後は、実験結果に基づいて、著者らがこれまで行ってきた混合分散を考慮した塩水侵入の数値解析法によりシミュレーションを行い、濃度分布や流速分布を求めることにより塩水侵入機構の特性を検討する予定である。

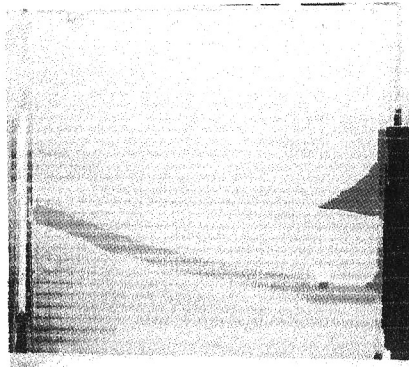


写真-1 実験開始後10分

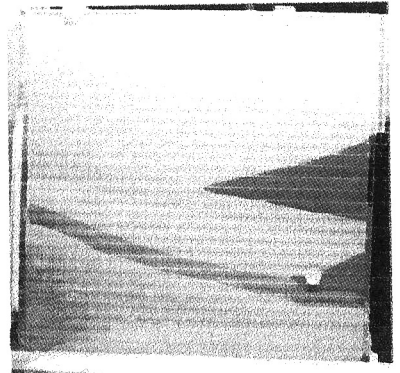


写真-2 実験開始後180分

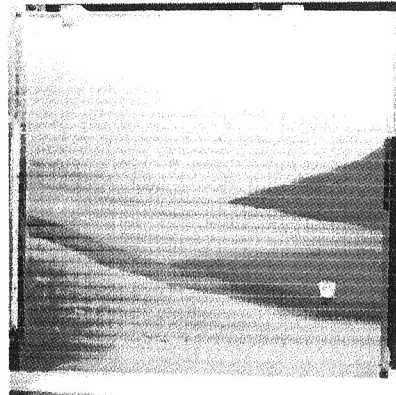


写真-3 実験開始後7日

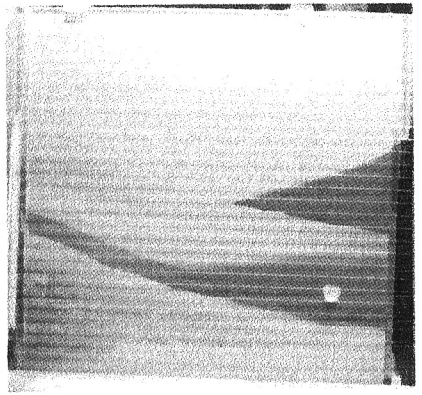


写真-4 実験開始後17日