

芝浦工業大学 正員 菅 和利
 東京大学工学部 正員 玉井 信行

1. はじめに

都市河川防災の1つとして、雨水の地下浸透による表面流出成分の低減、ピーク流量のカットを計る方策が各地で試みられている。トレンチを設置し、その底層より浸透させる方法は施工管理が容易である。この場合には浸透能の評価、トレンチ深さの算定が大事である。本研究では、実際に近い地層として多層地盤を考え、このような地層を浸透する機構を実験的に検討したものである。

2. 実験結果及び考察

実験では表-1に示すような、砂を種々組合わせて多層地盤を形成した。実験の方法は、底面からのみ浸透するようにしたトレンチに一定流量 Q_{in} を流入し続け、ある時間間隔でトレンチ内水位 H 、水槽底部からの排水量 Q_{out} を測定した。又、湿潤線の可視化による測定も併せて行った。

2-1 単層(A砂)の場合

幅1m、深さ1.2m、奥行0.18mの前面ガラス張り水槽に、底面積 $0.18 \times 0.18m^2$ のトレンチを水槽上端部中央に設置して実験を行った。一定流量をトレンチに流入するとある流量以上ではトレンチ内水位 H は時間と共に上昇する。2つの流量に対する例を示したのが図-1である。この図より2つの特徴を見い出すことができる。その1つは、トレンチ内水位の上昇は初期には急で、その後には上昇は緩やかとなることである。他の1つは、トレンチ内水位がピーク H_{max} を有し振動することである。浸透初期にはトレンチ周辺の砂は不飽和状態で浸透していくく、トレンチ内水位の上昇は大きい。浸透が進行するとポテンシャルが上昇し、浸透係数が大きくなる。(しかし全領域のポテンシャルの上昇に伴って、ポテンシャル勾配の減少が生じこの影響の大きい間はトレンチ内水位は上昇を続ける。この浸透過程でポテンシャルはさらに上昇し、又トレンチ内水位の上昇によるポテンシャル勾配の増大により浸透能が増大する。トレンチ内水位 H がある高さに達するとこの浸透能が Q_{in} 以上となり、トレンチ内水位は下降する。トレンチ内水位の下降によりポテンシャル勾配が減少し、浸透能が低下し再びトレンチ内水位は上昇するようになる。浸透の進行によるポテンシャル勾配の減少により H は H_{max} よりも上昇する。このような振動の過程で徐々に目詰りが進行し、次の平衡状態に達するように振動を繰り返すものと考えられる。図-2はCASE-1の場合のトレンチ底面からの浸透量 Q_p を Q_{in} で無次元化して示したものである。 $d(Q_p/Q_{in})/dt$ が負の領域では浸透能の低下を、 $d(Q_p/Q_{in})/dt$ が正の領域では増加を示している。1回目には生じるピーク水位 H_{max} と一定流入量 Q_{in} との関係を示したのが図-3である。この図より2つの領域の存在することかわかる。A砂の場合には Q_{in} が47~50 cm^3/sec の1の範囲では Q_{in} の僅かの変化に対して H_{max} の変化は大きい。従ってこの領域はポテンシャル勾配の影

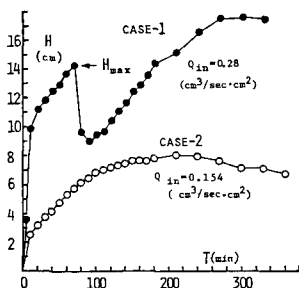


図-1 トレンチ内水位の変化

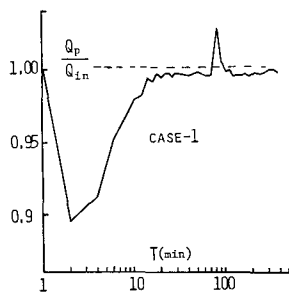


図-2 浸透量の経時変化

呼称	A 砂	B 砂	C 砂	D 砂	E 砂	F 砂
平均粒径 (mm)	0.3~0.6	0.2	0.3	0.6	0.8	1.0
透水係数 (cm/sec)	0.042	0.00189	0.062	0.197	0.323	0.303

響の大きい Q_{in} の範囲と考えられる。他方 II の領域では流入量 Q_{in} の変化に対する H_{max} の変化は緩慢である。この領域では相対的にトレンチ内水位は高く、大きなポテンシャル勾配を有しており、さらに浸透量が大きいのでポテンシャルも比較的高いことが考えられるので、 Q_{in} の変化に対してトレンチ内水位を大きく変化しないで Q_{in} の変化分を浸透させることができる。さらに II の時間変化は I の領域の方が大なので、II の領域でのトレンチ内水位の変動周期の方が I の領域のものより短くなることか図-1より知れる。さらに II の領域では振動に伴ってピーク水位の上昇が見られる。この現象をより顕著に見る為に入流を 1 時間間隔で与える繰り返し実験を行った。図-3 の 2 つの領域を代表する流量 $Q_{in} = 92.3, 44.2 \text{ cm}^3/\text{sec}$ に対するトレンチ内水位の振動の様子を見たのが図-4 である。図-3 の II の領域での Q_{in} に対する繰り返し実験ではトレンチ内ピーク水位が漸増することが見られる(図-4の更線)。他方 I の領域ではピーク水位の増加の割合は小さいことかわかる(図-4の破線)。

図-3 H_{max} と Q_{in} との関係

2-2 多層地盤の場合

表-1 の砂を種々に組合せて多層地盤をモデル化し代表的な流量について実験を行った。図-5 は上層から下層に向って粒径を大きくした場合のトレンチ内水位の経時変化を示したものである。初期は不飽和浸透の為にトレンチ内水位の上昇は僅かに急である。しかしこの粒径の組合せの多層地盤では下層に向って透水係数が大きくなっており、浸透は主に上層の地層に規定されるので単層の CASE-2 と同様な浸透特性を有している。上層に F 砂を使用し図-5 の場合と逆の粒径の組合せの地盤では同じ Q_{in} に対してはトレンチ内水位の存在は認められなかった。図-6 は難透水層(B砂層)を有する多層地盤をモデル化したものである。この場合には C 砂の方が E 砂よりも毛管圧が大であるので、C、E 砂の境界ではこの毛管圧の差が C 砂から E 砂への浸透を抑制する方向の力として作用するので、初期には一度トレンチ内水位が上昇する。このトレンチ内水頭の上昇により毛管圧段差に打ち勝って C 砂から E 砂へと浸透すると、この境界は湿潤状態となり段差が減少するので浸透能が上昇し、トレンチ内水位が低下する。さらに浸透水が B 砂の難透水層に達すると浸透水は E、B 砂の境界に一時滞留される。しかし上層から飽和状態に近づきながら浸透してくるので B 砂に対してはポテンシャルが付加されるので、トレンチ内水位の上昇には B 砂の難透水層は余り影響しない。この場合にも C、E 砂境界での毛管圧段差の減少後には上層の C 砂に規定される浸透特性でトレンチ内水位の上昇が見られる。しかし CASE-3 と比べると第 2 層の粒径が大きく透水係数が大きいのでトレンチ内水位の上昇は緩やかである。

3. 結論

1) 単層の場合には、一定流入量に対してトレンチ内水位はピークを有しながら振動をする。 2) トレンチ内水位の第 1 ピーク H_{max} と Q_{in} との関係には 2 つの領域が存在し、各領域で浸透特性が異なる。 3) 浸透特性に及ぼす多層地盤の効果を明らかにした。

<参考文献>

鯨川 登, 下村博史, 坪田恵介: 第 28 回水理講演会論文集, 1984

図-6 多層地盤