

II-16 冠水型浸透計の浸透特性について

名古屋大学工学部 正員 ○松林 宇一郎
福井県 正員 小野田 利宏

1 まえがき

流出過程において浸透現象は重要な役割を果しており、その特性については多くの研究がある。一方、実際の現場での評価においては雨量、流量の実測に基づいた水収支による場合も多い。ところが特に都市化流域のように土地利用が多様であり、しかもその変化が激しい地域ではむしろ地目別の浸透能を測定しておき、それを基礎にして推定する方が有効である。ここではその第1段階として、野外での浸透試験について報告する。

2 試験法

浸透能の測定法としては冠水型のものを採用したが、特に都市域では円筒を地中に深く差し込むことが難しいことから、J. T. Autenの提案した根入れの浅い方法を採用した。ただし、その際枠内の水が外へ漏れないように止水を工夫すると共に、浸透がなるべく鉛直1次元となるよう2重円筒として緩衝帯を設けた。さらに、湛水深がなるべく小さくなるように、内外円筒への給水をマリオットタンクで行う定水頭試験とした。(図-1) また、浸透水の地中での挙動を観察するため地中に8本のテンシオメータを設置した。

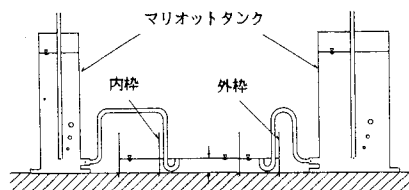


図-1 浸透試験装置

3 試験法の基礎的検討

冠水型浸透計には自然状態とは異なる次のような問題点を持っている。①自然状態の浸透は1次元であるが試験は軸対象3次元現象である。②特に根入れの深いマスグレーブ型と比較して本研究で用いたものは3次元浸透の影響が顕著と考えられる。③自然状態では生じない冠水深をもつ。ここでは、これらについてRichardsの方程式に基づく数値計算によって検討した。

まず、①については、最終浸透能 f_c (ここでは、浸透開始2時間後における浸透能に統一した) を1次元浸透と比較した結果、1.28倍程度大きな値となることが分かった。なお、この時点での1次元浸透の f_c 値はすでに飽和透水係数 k_s に一致している。②については、図-2に f_c の値を根入れ深さにたいしてプロットしたが、根入れが深くなるにつれて f_c は減少し1に近づく、言い替えれば1次元浸透に近づくことが分かる。③については、図-3に f_c と冠水深との関係をプロットしたが、この図によると f_c は冠水深とともに直線的に増加することが分かる。また、これら3者を比較すると③の冠水深の影響が最も大きく、①②の浸透の3次元性による影響は比較的小さいことも分かった。

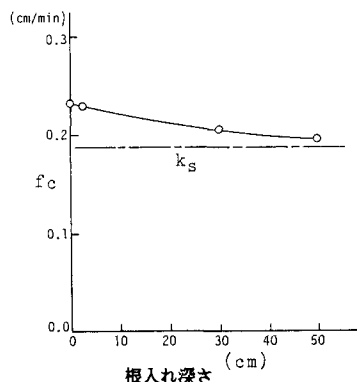


図-2 根入れ深さと f_c

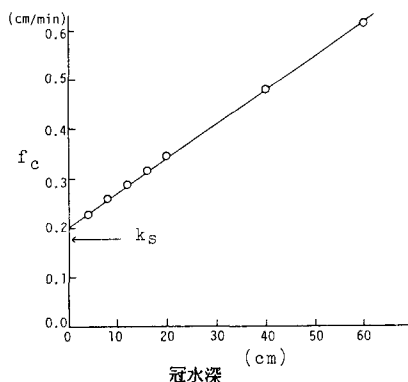


図-3 冠水深と f_c

4 浸透試験結果についての考察

まず、図-4 は同一地点で数回行った浸透試験から得られた浸透曲線を、HortonとPhilipの式に当ては

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \exp(-\alpha t) \quad (\text{Horton}), \quad f = k_s + S/\sqrt{t} \quad (\text{Philip})$$

めたものである。一般に、Hortonの式は低減の中後期では良く合うが浸透初期ではかなり過小評価する。Hortonの初期浸透能 f_0 はかなり便宜的なものと言えよう。一方、Philipの式は、その仮定により鉛直浸透で、浸透初期に限定されているが、実験結果は全期間にわたって良くあうことを示している。

ところで、図-5 は横軸に土壤の平均的な初期毛管水頭をとり、Philipの浸透式の k_s 、 S (吸収能) を縦軸にプロットしたものである。この図によると、本来一定であるべきはずの k_s が初期状態によって変化し、逆に、初期状態によって変化すると考えられる S 値があまり変化しないという傾向がみられる。次に、土中水の挙動について、図-6 は浸潤前線の等到達時間線を実験と計算(等方性を仮定)について示したものである。計算値が球状の広がりをするのに対し、実験は鉛直方向が卓越するかなり1次元の挙動を示している。このことは3-①② で取り上げた3次元性が問題になる場合が比較的少ない事を示唆している。

なお、浸潤速度に関して、図-6 の数値計算では k_s としてその試験でえた f_c を用いている。この f_c は今回の試験で得た f_c の中では大きいものであり、Philipの式より得られた値、あるいは透水試験から得た値と比べてもかなり大きい、それにもかかわらず浸潤面の到達時間は数値計算の方がかなり遅い傾向を示している。この原因については場の異方性もあるが、浸透が一様に飽和状態でおこなっていない事も要因として考えられる。

5 あとがき

本研究の結果を要約すると以下のようなものである。①冠水型浸透計への影響は冠水深、浸透の3次元性の順に大きい。②Hortonの浸透能式は浸透初期に過小評価する傾向がある。③浸透試験においても鉛直1次元と取り扱えるケースが多い。④ k_s が初期状態の影響を受ける場合がある。なお、今回は種々の関係を理論的に互いにつつまがあうところまで解析出来なかった。今後検討を深めるつもりである。

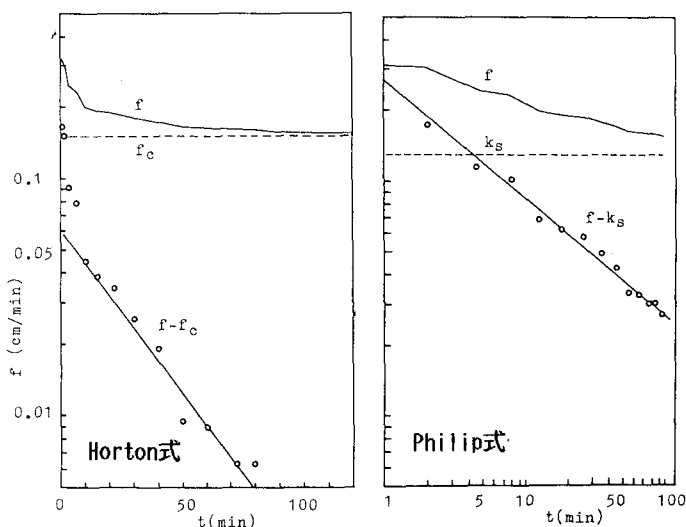


図-4 試験結果の Horton式と Philip式への適合性

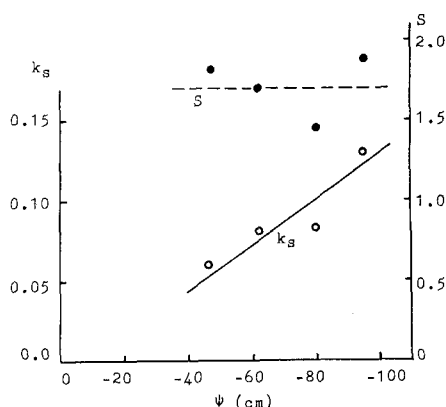


図-5 初期状態による k_s 、 S の変化

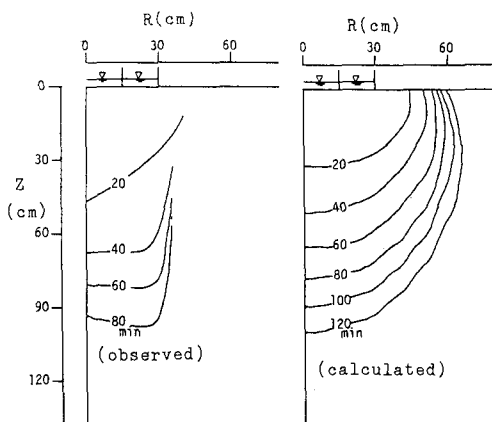


図-6 浸潤前線の等到達時間線