

東京大学生産技術研究所 虫明 功臣
 東京大学生産技術研究所 岡 泰道
 電源開発(株) ○内田 滋

1. はじめに

斉藤、山本は¹⁾飽和浸透理論の適用を仮定した次元解析と水理模型実験結果より、トレンチ型浸透施設では、浸透底面幅が浸透量に影響しないとの結論を導いている。本稿では、Richards の飽和-不飽和浸透理論の数値シミュレーションにより、トレンチ底面幅が浸透量に与える影響について検討する。

浸透方程式の数値解析には有限要素法を用いるが、第29回水理講演会に筆者らが発表した「土壌物理特性が雨水浸透施設の浸透特性に及ぼす影響」の中の「要素分割の違いが浸透地下トレンチからの浸透量の計算値に与える影響」に対して次のような疑問が出された。すなわち、図1に示す粗い分割Bを用いた場合の方が細かい分割Aを用いた場合より、飽和域は大きく広がっているにもかかわらず浸透総量が小さくなっているが、これは水収支上矛盾しているのではないか、という疑問である。本論に入る前に、先ずこの問題について検討した結果を述べる。

2. 要素分割の粗密と飽和域外の水分分布

飽和域の外の吸引圧分布より不飽和領域を含めた水分量について検討する。図2は、要素分割AおよびBを用いた場合の不飽和領域における吸引圧(ψ)分布の結果である。これを見るとわかるように粗い要素分割Bを用いた場合、飽和域($\psi = 0 \text{ cm}$)は要素分割Aの場合より広がっているが、吸引圧が -20 cm 以下の領域では逆に要素分割Aの方が等吸引圧線は大きく広がっている。すなわち、粗い要素分割Bを用いた場合、飽和域が大きく拡がりトレンチ周辺部の水分量は多くなるが、吸引圧 $\psi = -20 \text{ cm}$ 以下のトレンチから遠く隔たった領域では、細かい要素分割Aを用いた場合より、水分量が少なくなるため、粗い要素分割Bを用いた方が浸透量が小さいことは水収支上、矛盾していないことがわかる。

3. 計算条件と土壌物理特性に含まれるパラメータ

浸透方程式はRichardsの式とし、透水係数は等方性とした。トレンチの軸に垂直な2次元流を考える。対象土層の含水率 θ -吸引圧 ψ 関係および不飽和透水係数 K - ψ 関係が必要であるが、ここでは関東ロームに対する θ - ψ 関係に(1)式の適合性良いことから、Campbell, G.S.の方法を用いて、 θ - ψ 関係から K - ψ 関係の推定を行なう。すなわち、

$$\theta - \psi \text{ 関係; } \psi = \psi_{cr} (\theta / \theta_0)^{-b} \quad (1)$$

$$K - \psi \text{ 関係; } K = K_0 (\psi_{cr} / \psi)^{2+2/b} \quad (2)$$

ここに、 ψ_{cr} ; エア-エントリー値、 θ_0 ; 飽和含水率、 b ; 定数、 K_0 ; 飽和透水係数である。 K_0 は変水値透水試験から求めた。ここで用いた土壌パラメータは東京・昭島つじヶ丘団地の深度 90 cm のもので、 $\psi_{cr} = -20 \text{ cm}$ 、 $\theta_0 = 70\%$ 、 $b = 8.93$ 、 $K_0 = 1.6 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ である。図3に示すように計算領域の要素分割を行なった。無降

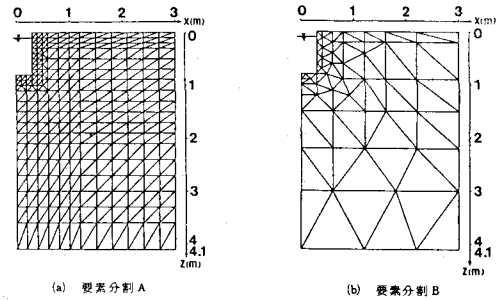


図1 計算領域と要素分割

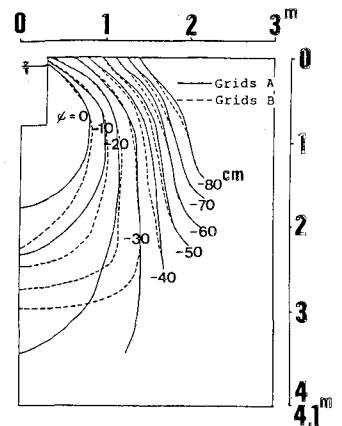


図2 要素分割の違いによる吸引圧分布の相違

雨条件とし、トレンチ幅をA; 130^{cm}, B; 100^{cm}, C; 60^{cm}の3ケースに変えて計算した。トレンチ内水深はトレンチ上面で一定70^{cm}とした。初期条件は吸引圧を全層-100^{cm}とした。

4. トレンチ幅が浸透特性に及ぼす影響

図4はトレンチ幅を変えた場合の浸透量の時間変化を比較したものである。トレンチ幅を60^{cm}から、130^{cm}と約2.2倍に変化させた場合でも、浸透面積が拡大されるために浸透量は増加するものの、浸透開始後3時間の浸透量は約20%増加するに過ぎない。また、トレンチ幅を60^{cm}から100^{cm}と約1.7倍に変化させた場合の浸透量の増加は約5%と非常に小さい。すなわち、不飽和浸透理論を適用した数値シミュレーションにおいてもトレンチ底面幅が浸透量に及ぼす影響は小さいことがわかる。

図5はトレンチ幅を60, 100, 130^{cm}に変えた場合の浸透開始5時間後の飽和域の拡大の相違である。トレンチ幅を大きくすれば、飽和域は水平方向にほぼ平行移動し鉛直方向に拡大される。飽和域内部の圧力分布を境界要素法を用いて求める目的で、図5のうちのケースBとケースCを取り出し、図6の様に境界要素分割する。図7は求められた結果で、浸透開始5時間後の飽和域内部の等圧力水頭線である。これを見るとわかるように、トレンチ幅を大きくすると鉛直方向の圧力勾配が緩やかになる。

トレンチから土中への単位時間、単位面積当たりの浸透量(flux)を q とすれば、

水平方向 $q_x = k \cdot \partial\psi / \partial x$ -----(3)

鉛直方向 $q_z = k \cdot (\partial\psi / \partial z + 1)$ -----(4)

で与えられるから、トレンチ幅の増大により、鉛直方向の圧力勾配 $\partial\psi / \partial z$ が減少し、 q_z が減少する。したがって、トレンチ幅を60^{cm}から100^{cm}にした場合、トレンチの浸透面積はかなり大きくなったにもかかわらず浸透量があまり増加しなかったのは、トレンチ幅の増加にともない、飽和域が鉛直方向により大きく拡大し、鉛直方向の圧力勾配が減少し、単位面積当たりの浸透量が減少したためである。

参考文献 1) 斉藤、山本; 浸透型流出抑制施設の浸透特性に関する実験的検討 第29回水理講演会論文集 1985.
2) 2) 申明、岡、内田、田村; 土壌物理特性が雨水浸透施設の浸透特性に及ぼす影響 第29回水理講演会論文集 1985. 2.

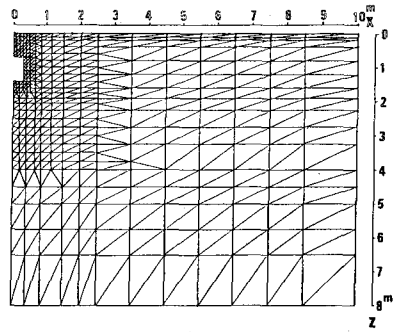


図3. 計算領域の有限要素分割

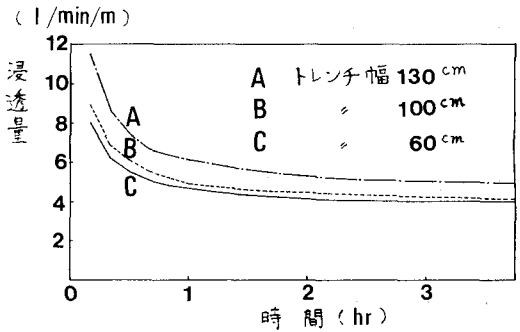


図4. トレンチ幅と浸透量の関係

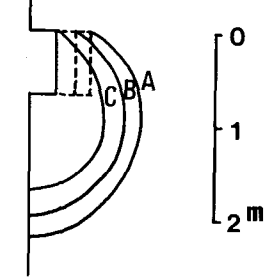


図5. トレンチ幅による飽和域の拡大の相違

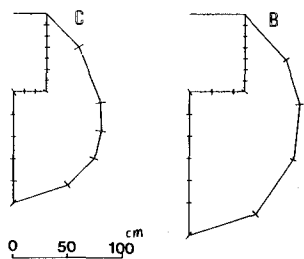


図6. 浸透開始5時間後の飽和域の境界要素分割

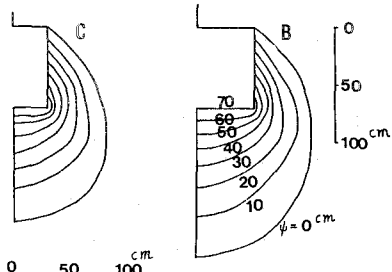


図7. 浸透開始5時間後の飽和域内部の等圧力水頭線