



土壌パラメータとは，Brooks and Corey の式で用いる飽和透水係数  $k^{sat}$ ，有効含水率  $\theta_e$ ，残留含水率  $\theta_r$ ，限界毛管ポテンシャル  $\psi_b$ ，土壌による定数  $\lambda$  のことである．表 - 2 は河床堆積層と不飽和層に想定する土壌の種別を表わしている．なお，河川水深は  $hr=10, 30, 50\text{cm}$  の3種類とした．

#### 4．従来の伏流強度評価式の有効性

種々の河川水深において，上述のシミュレーションにより土壌中の水分フラックスを求め，地下水面に沿って積分して得た伏流強度を図 - 3 に解析値として示す．図の縦軸は，伏流強度  $q^*$  が河床堆積層の透水係数  $k_1$  や河川幅  $B$  の影響を強く受けるため， $q^*$  を  $k_1 B$  で除したものが，横軸は河川水深  $hr$  と河床堆積層厚  $d$  の比とした．ケース1と2では河床堆積層の粒度が異なるが，どちらのケースでも解析値は河川水深に比例していることが分かる．前述の伏流強度の評価式(2)の有効性を検証するために，図中に描いて解析値と比較した．図から分かるように，直線の傾きは一致しているが，両者には大きな隔たりが見られ，評価式(2)は適切でないことが明らかである．そこで，不飽和浸透解析の結果を踏まえ，新たな伏流強度の評価式の導出を試みた．

#### 5．新たな伏流強度の評価式の提案

今回のように地下水位面が十分に深い場合，不飽和層の含水率は鉛直方向に一定となることから浸透流の動水勾配は1に等しいと考えられ，式(6)が成立する．これを Brooks and Corey の関係式(4)に代入すると，式(7)が得られる．河床堆積層の下面の水頭として毛管ポテンシャル  $\psi$  を考え，堆積層の上下面でダルシー則を適用すると式(8)が導かれる．これに式(7)を代入することにより，伏流強度  $q^*$  の満足すべき方程式(9)が導かれる．この式は陰形式ではあるが，堆積層と不飽和層の土壌特性を含んでおり，不飽和浸透による伏流強度に関する新たな評価式と呼ぶことができる．

式(9)の妥当性について確認するため，図 - 3 において解析値と比較した．図から分かるように，評価式(9)は解析値をよく再現しており，新しい評価式は有用であるといえる．

#### 6．おわりに

河川から帯水層への伏流強度を推定するに当たり，地下水位が河床高より低い場合，従来の評価式が有効でないことを明らかにするとともに，不飽和浸透特性を考慮した新たな評価式を提案した．今後は，提案した評価式を基礎として，伏流強度を簡易に評価する手法を検討することに加え，提案式の適用限界についても明らかにする予定である．

#### 参考文献

- 1) 藤縄克之(編)：地下水モデル，共立出版，pp.74-79，1994

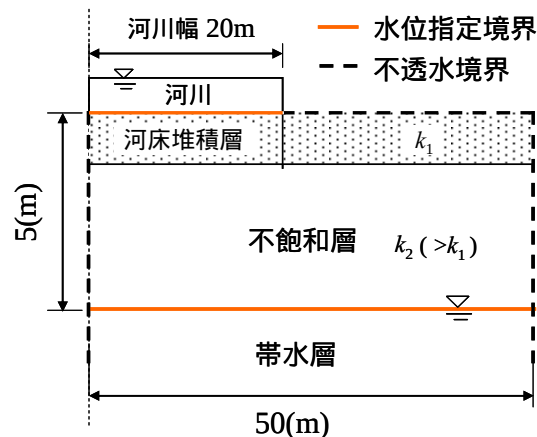


図 - 2 解析領域と境界条件

表 - 1 各土壌の水利パラメータ

|     | $k^{sat}$ (cm/s) | $\theta_e$ | $\theta_r$ | $\psi_b$ (cm) | $\lambda$ |
|-----|------------------|------------|------------|---------------|-----------|
| 粗砂  | 0.01             | 0.25       | 0.05       | 50            | 3         |
| 細砂  | 0.001            | 0.2        | 0.2        | 100           | 2.5       |
| シルト | 0.0001           | 0.15       | 0.35       | 150           | 2         |

表 - 2 計算における土壌の設定

|       | ケース1 | ケース2 |
|-------|------|------|
| 河床堆積層 | 細砂   | シルト  |
| 不飽和層  | 粗砂   | 粗砂   |

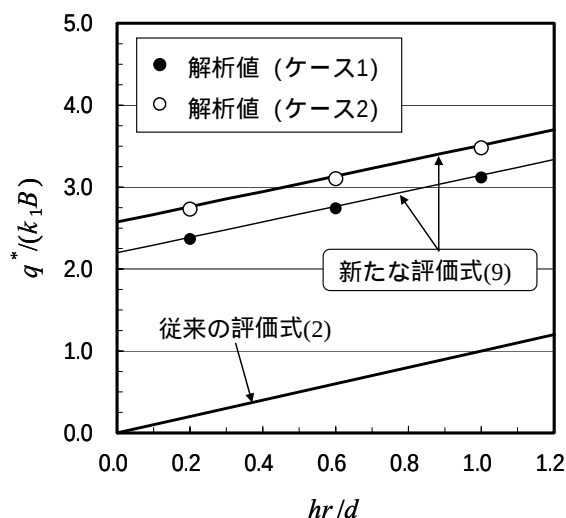


図 - 3 河川水深に対する伏流強度の変化

$$k_2^{uns} = \frac{q^*}{B} \quad (6)$$

$$\psi = \psi_b \left( \frac{k_2^{uns}}{k_2} \right)^{-\frac{1}{2+3\lambda}} = \psi_b \left( \frac{q^*}{k_2 B} \right)^{-\frac{1}{2+3\lambda}} \quad (7)$$

$$q^* = \frac{k_1}{d} (hr - \psi) \cdot B + k_1 B \quad (8)$$

$$\frac{q^*}{k_1 B} + \frac{\psi_b}{d} \left( \frac{q^*}{k_2 B} \right)^{-\frac{1}{2+3\lambda}} - \frac{hr}{d} - 1 = 0 \quad (9)$$

新たな伏流強度評価式の導出過程