

III-A 284

雨水浸透に及ぼす水分保持特性の影響

岐阜大学大学院 学生会員 原田 直樹
 岐阜大学工学部 フェロー 宇野 尚雄
 岐阜大学工学部 正会員 神谷 浩二
 岐阜大学工学部 近田 博之

1. まえがき

堤体における浸透を考える場合、堤体条件としては断面形状の他に透水係数、水分保持特性などの堤体の土質物性があげられ、これらの様々な要因が複雑に関係してくる。特に水分保持特性は土質によって非常に異なることが知られている。

そこで、堤体内の水分移動に着目し、透水係数・水分保持特性などの堤体の土質物性が堤体内の浸透・排水にどのような影響を及ぼすかについて数値計算を行い結果を考察した。

2. 解析方法・解析条件

飽和、不飽和浸透解析の基本式を用いる。

$$c \frac{\partial h_p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h_p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h_p}{\partial z} + k_z \right) \quad (1)$$

ここに、 c ：比水分容量、 k_x 、 k_z ：透水係数、 h_p ：圧力水頭を表している。

式(1)を差分法により数値的に解くことによって各々の地点、時間における圧力水頭などが解る。

モデル堤防として、裏法面の長さが表法面の2倍の台形単断面（法面勾配 左側法面：1割5分 右側法面：3割 天端幅：2m 堤高：4m）を用い、初期条件として初期堤内水位を50cm（不透水基礎上）与えた。断面形状が非対称なのは堤内側に余分な盛り土（高水敷）があるものを考慮したものである。

外水位条件は常時1m一定とし、降雨条件として降雨強度120mm/day、降雨日数2日を与えた。また、本解析の目的である土質物性の条件としては透水係数・体積含水率を飽和領域に対して、 $k_s = 2.85 \times 10^{-3}$ cm/s、 $\theta_s = 0.4$ を用いた。不飽和領域は長良川砂質土に対して実験及び推定で得た式(2)、式(3)と、van Genuchten推定式、式(4)、式(5)をそれぞれ用いて、結果を比較することで推定式の違い、つまり水分保持特性の影響について考察した。

$$k = \frac{0.285}{h_p^2 + 100} \quad (2)$$

$$\theta = \frac{0.4}{0.025h_p + 1} \quad (3)$$

$$k = s_e \left[1 - (1 - s_e^{1/m})^m \right]^2 \times k_s \quad (4)$$

$$\theta = \left[\frac{1}{1 + (\alpha |h_p|)^n} \right]^{1-1/n} \times \theta_s \quad (5)$$

なお h_p ：圧力水頭、 s_e ：有効飽和度を表している。van Genuchten推定式の係数は $\alpha = 0.03$ 、 $n = 3.0$ 、 $m = 0.67$ を用いた。

図1、図2に体積含水率-サクシヨンの関係、透水係数-サクシヨンの関係を示す。

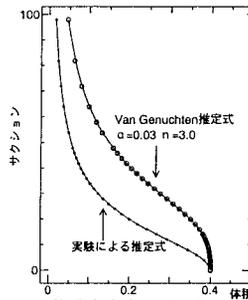


図1 体積含水率-サクシヨンの関係

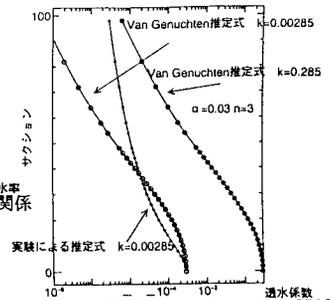


図2 透水係数-サクシヨンの関係

3. 結果・考察

それぞれの結果は次のように考察できる。図3は長良川土の実験より推定された式(式2、式3)を用いた2日後の体積含水率分布、図4はvan Genuchten推定式を用いた同じく2日後の体積含水率分布である。

①図3の実験より推定された式による結果をみると、堤体上部からほぼ堤体基礎に平行に体積含水率が分布していることが解る。裏法面側で多少分布が上昇しているがこれは断面非対称の影響がでているものと思われる。この図3より実験による推定式を用いたものは堤体内に降雨が浸透した後、比較的スムーズに堤体上部からの水分移動が行われたものと推察される。

②図4のvan Genuchten推定式を用いた結果をみると、堤体の内部は表面に比べ不飽和部分が多い。また堤体内部の値は実験より推定された式のものと比較して非常に小さく、実験より推定された式のもの一度水分が浸透した後、再び不飽和になったのに対して、Van-Genuchten推定式のもの、まだ堤体内部に水分が浸透していないと推察され、堤体内部に不飽和領域をきれいに形成している。これは図1、図2の水分保持特性を見ると解るように実験による推定式と比較してVan-Genuchtenの推定式のもの、サクシオンが大きくなるにつれて不飽和透水係数がオーダー的に小さくなってしまったためであると考えられる。

van Genuchten推定式を用いた結果の方が実際の堤防により近い形でシミュレートできていると考えられる。

そこで次に図5に透水係数を100倍にしてvan Genuchten推定式を用いた2日後の体積含水率分布を示す。③図5を見ると図4と比較して、堤体内部の飽和領域に囲まれた不飽和帯が無くなっており、浸透が進んでいることが解る。しかし図3と比較すると図5の方が堤体上部で体積含水率の値が小さく分布する傾向が見られる。このことは透水係数のオーダーより水分保持特性による影響の方が堤体内の水分移動に影響を及ぼすことを示している。

4. まとめ

堤体内の水分移動、不飽和領域形成の有無は水分保持特性によって左右されると言える。そこで今後の課題として、水分保持特性の違いを表すvan Genuchten推定式のパラメータ α 、 n の値と、堤体内の水分移動との関係について、比較検討することでこれらの関係を明らかにしていくことが必要であると思われる。

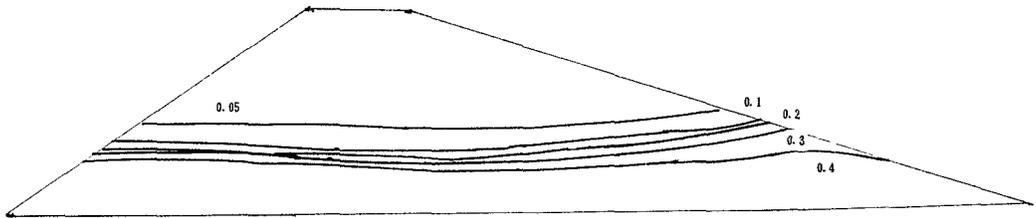


図3 体積含水率分布（実験による推定式 2日後）

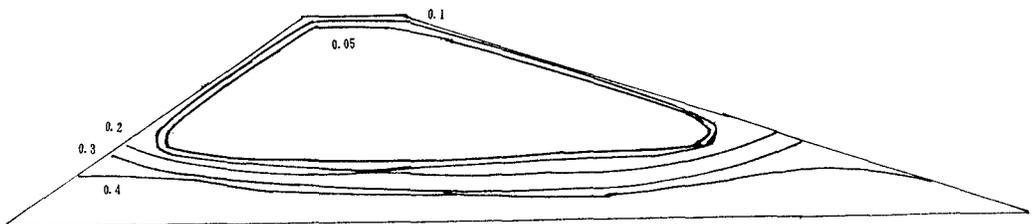


図4 体積含水率分布（van Genuchten推定式 2日後）

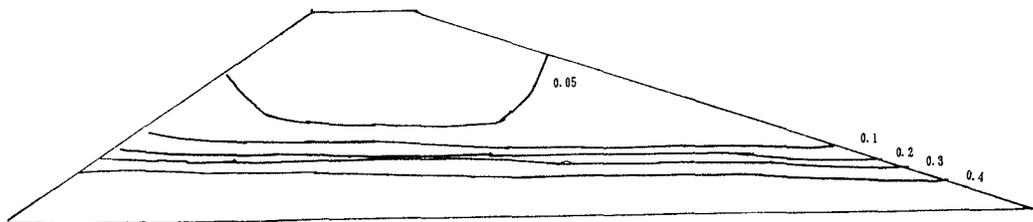


図5 体積含水率分布 透水係数100倍（van Genuchten推定式 2日後）