

III-525

ゆるみを考慮した堤体内への浸透予測に関する考察

建設省土木研究所 ○山田 哲也 三木 博史
// 佐藤 正博 持丸 章治

1. まえがき

浸透による堤体の安定性に影響を及ぼす浸潤線の発達には、外水位の上昇に先立つ事前降雨の影響が大きいとされている。昨年は、飽和-不飽和浸透流解析を実際の降雨浸透問題に適用するにあたって降雨浸透の解析手法について検討した¹⁾。本研究では、さらに空洞のある大型浸透模型堤防を用いて湛水実験を行い、浸透流解析結果と比較して、堤体内にゆるみが生じた場合も、有限要素法による浸透流解析が実際の堤体内浸透現象を精度よく再現できるか、また、そのゆるみが堤体内の浸潤線の発達にどのような影響を与えるかを調べ、その場合の堤体内の浸透水の流れについて考察した。

2. 大型浸透模型実験の概要

実験は、図-1に示すような模型堤防に、長さ2.5m、幅1.0m、高さ0.5mの大きさの空洞を作成し、外水位を2時間で2m上昇させて20時間放置した後、4時間で排水した。計測は、模型堤防内の図-1に示す位置に埋設した水位計測器を用いて、空洞の真上を通り空洞の影響が大きいNo.1測線と空洞の影響が少ないと考えられるNo.2測線にそって水位を測定した。また、実験開始時にはRI計測器を用いて初期飽和度を計測した。堤体に用いた材料は、細粒分を10%程度含む砂質土で、締固め度が90%になるように締固めた。築造後、現場密度にあわせて供試体を作製し定水位透水試験を行った結果、透水係数は、 $1.50 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ であった。

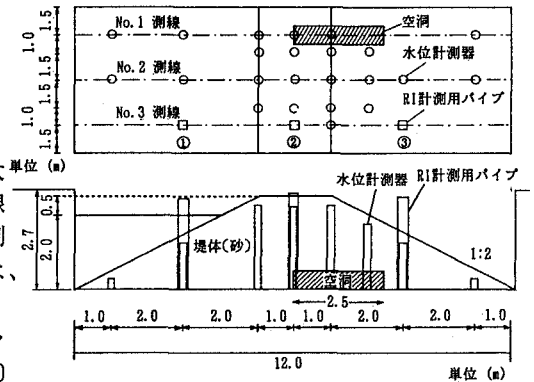


図-1 模型堤防の形状

3. 数値解析方法

大型模型堤防を対象にして、飽和-不飽和浸透流解析を行った。初期飽和度は実測値より表-1に示すように設定した。また、吸引法によるpF試験より得られたデータをもとにVan Genuchtenのモデルを用いて、サクション及び比透水係数と体積含水率の関係を定めた（図-2）。空洞部は、初期飽和度を0%とし、その特徴を考慮して、図-2に示すように体積含水率が微少な部分で比透水係数が1、圧力水頭がほぼ0cmとなる水分特性曲線を与えた。

表-1 初期飽和度の設定

高さ	測定用パイプNo. ①	測定用パイプNo. ②	測定用パイプNo. ③
～30	60%	60%	70%
～70	45%	50%	50%
～80	45%	65%	65%
～250	45%	50%	50%

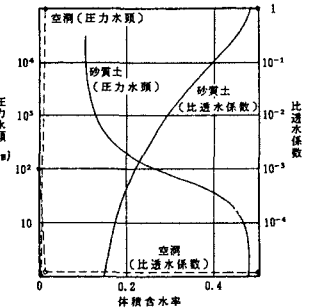


図-2 水分特性曲線

4. 結果

昨年の降雨実験結果より、仕上り厚を25cmとし振動コンパクター(60kg)で2回転圧した場合、締固め効果が十分に下層まで及んでいない恐れがあり、締固めた層を代表する透水係数の設定には慎重な配慮を要することがわかった¹⁾。今回の解析でも最上部の25cm層を5cmずつの層に分け、各層での乾燥密度を調べたところ図-3の結果が得られた。そこで各層の乾燥密度の平均値を求め、図-4よりそれに対応する透水係数 $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ を代表値として用いた。また、空洞部分については $2.0 \times 10 \text{ cm/sec}$ の透水係数を与えた場合が実験結果

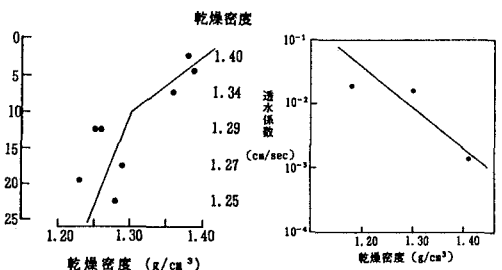


図-3 一層内の密度変化

図-4 透水係数と乾燥密度の関係

に最もよく適合したので今回はその解析結果を示した。図-5、図-6にNo.1、No.2測線から得られた実験結果を図-7、図-8にNo.1、No.2測線を対象とした解析結果を示す。

実験結果から、空洞がある場合は、浸潤線が空洞部に到達すると空洞部内を水平に流れ、空洞が無い場合と比較して、空洞付近で浸潤線が低くなる。また、空洞を通過することで水平方向の流れが卓越するため、空洞部にほぼ平行に浸潤線が発達し、空洞が無い場合より浸潤線が法尻に早く到達していることがわかる。しかし、空洞が完全に飽和し、定常状態に近くなると、浸潤線の発達は、空洞が無い場合と比較して大差なく、さらに、水位が下降する過程においても空洞はそれほど大きな影響を及ぼさないと考えられる。

次に、解析結果でも、水位上昇後4時間から7時間にかけて空洞部に浸潤線が到達し、空洞部内を浸潤線が水平に発達する様子がほぼ再現されている。また、空洞がある場合は、浸潤線が空洞部に平行に盛り上がり、水位上昇後12時間で浸潤線が法尻に到達し、さらに空洞が飽和してほぼ定常状態になった後や水位下降速度には空洞の影響がほとんど見られないことも実験結果とよく一致している。解析結果によると、空洞が飽和した以降の法尻付近の流速は、水位上昇後12時間で空洞の有無によらずそれぞれ $5.13 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 、 $5.042 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ とほぼ一致しており、空洞の有無の影響はそれほど見られない。

5. あとがき

有限要素法を用いた飽和-不飽和浸透流解析によって、堤体内にゆるみが生じた場合にも、成層構造を考慮した透水係数の与え方や空洞部の特徴を水分特性曲線等で表現することによって外水位の変化に対してかなりの精度で浸透の予測が可能になったことがわかった。また、湛水実験結果やその解析結果より、堤体内の空洞は、浸潤線が空洞に到達してから法尻に到るまでの浸透速度に影響を及ぼすが、定常状態に近くなると浸潤線の発達には大差なく、法尻付近の流速や水位下降速度にも、空洞の影響はそれほど見られないことが明らかになった。

参考文献

- 1) 山田哲也・三木博史・佐藤正博・持丸章治：堤防内への降雨浸透の予測に関する考察、第47回土木学会年次学術講演会概要集、pp. 1184～1185、1992

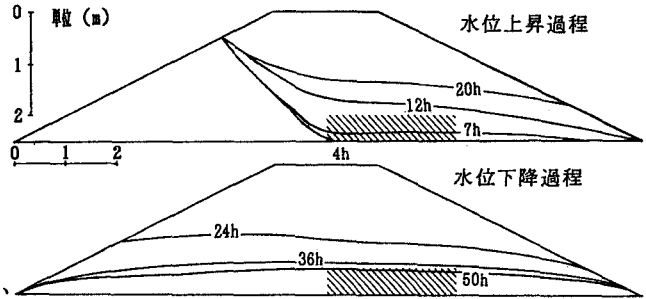


図-5 空洞を含む測線 (No.1) の実験結果

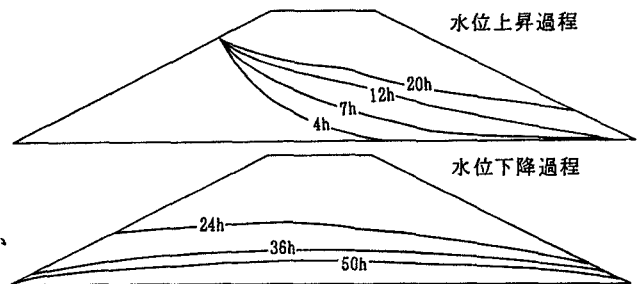


図-6 空洞部を含まない測線 (No.2) の実験結果

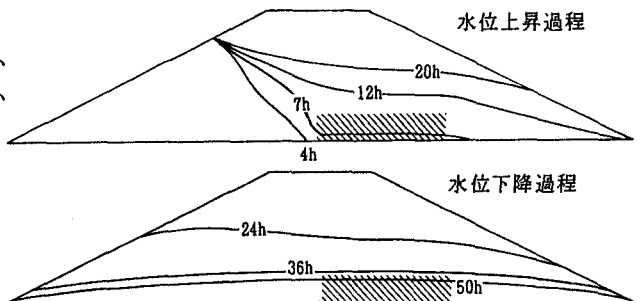


図-7 空洞を含む測線 (No.1) の解析結果

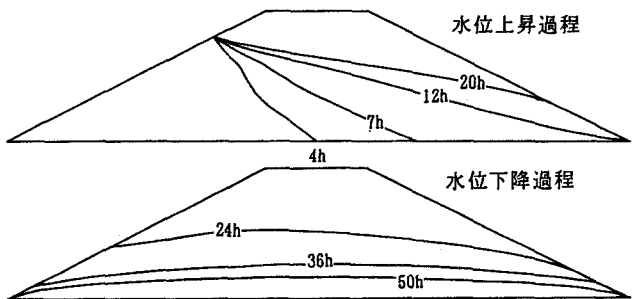


図-8 空洞を含まない測線 (No.2) の解析結果