

堤内水位に及ぼす降雨や土質物性の影響

岐阜大学工学部 正会員 宇野尚雄
中部大学工学部 正会員 杉井俊夫
岐阜大学工学部 正会員 神谷浩二
同上 大学院 学生会員○原田直樹

1. はじめに 河川堤防の堤内地側に小高く盛り土をした地区では堤内水位が比較的高いことが観測されている。堤内水位を左右する要因には、外力としての降雨と外水位がある。堤体の条件としては断面形状のほかに、堤体土質の透水係数、水分保持特性などの土の性質による影響が大きい。

本報告ではこれらの要因が堤内水位にどのように影響を及ぼすかについて数値シミュレーション計算に基づいて述べる。

2. 解析方法・解析条件 ある境界条件、初期条件のもとで堤内水位の変化を微分方程式で表す。微分方程式は飽和、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：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計算する。式(1)を解くことによって各々の地点、時間における圧力水頭がわかり圧力水頭から堤内水位を得る。

モデル堤防として、断面形状の相違による影響を考えるため図1に示すような断面N0.1、断面N0.2の2種類を用いて、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N0.2の非対称の場合は堤内側に余分な盛り土があるものを考慮したものである。

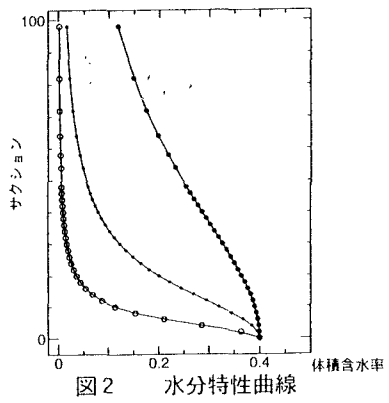
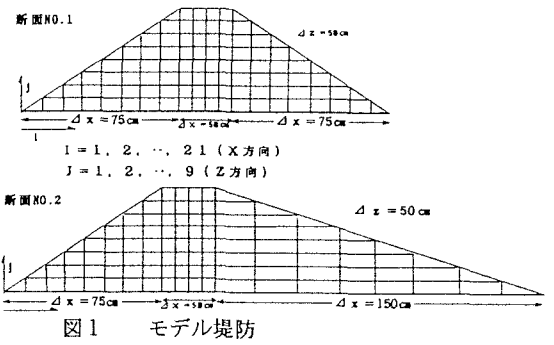
外水位条件は降雨による影響だけを考慮するため1m一定とし、降雨条件として

- 1) 降雨強度 ①120mm/day②60mm/day③40mm/day,
- 2) 降雨期間 2日を与えた。

土質物性は土質により非常に異なり、また浸透と排水ではヒステリシスを描くため一義的に決めることは困難であるが、本解析では長良川砂質土に対して実験及び推定で得た値を1.5倍したもの(表1)及び3種類の水分特性(図2)をそれぞれ組み合わせて用い土質物性による影響について考察した。

表1 土質物性

	透水係数cm/s	体積含水率
hp≧0	2.85×10 ⁻³	0.4
hp<0	0.285/hp ² +100	0.4/1+ahp ² (a:係数)



3. 結果・考察 解析は次の4つの影響を考慮するため条件をそれぞれ変えて行った。

- ①断面形状による影響（降雨量120mm/day, $K_s=0.00285\text{cm/s}$, $a=0.0025$, ①断面NO.1, ②断面NO.2）
 ②降雨強度による影響（降雨量①120mm/day, ②60mm/day, ③40mm/day, $K_s=0.00285\text{cm/s}$, $a=0.0025$, 断面NO.1）
 ③水分保持特性による影響（降雨量120mm/day, $K_s=0.00285\text{cm/s}$, ① $a=0.025$, ② $a=0.0025$, ③ $a=0.00025$, 断面NO.1）
 ④透水係数による影響（降雨量120mm/day, ① $K_s=0.0285\text{cm/s}$, ② 0.00285cm/s , $a=0.0025$, 断面NO.2）

それぞれの結果は次のように考察できる。図3は断面NO.1, 断面NO.2のそれぞれの自由水面高を示したグラフ、図4～図6は $I=11$ や $I=17$ における堤内水位の経時変化を示したグラフである。なお $I=17$ とは、堤体左端を $I=1$ としたとき水平方向の17番目の地点を示す。

1) 断面形状による影響 断面非対称のほうが特に右法面側で高くなっていることが分かり、断面形状の影響が見られる。断面对称、非対称ともに排水により右法面尻で堤内水位がだんだん下がっている（図3）。

2) 雨量による影響 雨量の増加に伴って水位も上昇している（図4）。また4日目の水位に差があり排水が続いていることが伺える。この水位がどのくらいで一定に落ちついてくるのかは興味深い。

3) 水分保持特性による影響 図2の水分特性曲線を見ると a の値が大きいくほど水分を保持する能力が低い、この水分保持能力の差が結果に現れている。保持能力の低いものは浸透が早く、一番はじめに水位が上昇していくが排水も早いので水位低下も早い（図5）。反対に水分の保持能力が高いものは4日たった後もまだ水位上昇を続けている。この解析では降雨をすべて2日しか降らせておらず、4日たっても水位上昇が続くのは水面より上部の不飽和帯からの水分移動によるものと考えられる。

4) 透水係数による影響 初期は透水係数のオーダーの大きい $K_s=0.0285\text{cm/s}$ のほうが早く水位が上昇し、オーダーの小さい $K_s=0.00285\text{cm/s}$ の方が遅れて水位上昇する（図6）。透水係数のオーダーが大きい方は2日たった降雨が止まるとすぐに水位が低下し始めている。

透水係数による影響は水分保持特性による影響のものと比べるとあまり水位差がない。2つの要因の影響を比較すると、堤内水位に及ぼす影響は透水係数の方が少ない。

参考文献 1) 宇野尚雄・佐藤健・柘植浩史：2.3の砂質土の水分保持特性，不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム発表論文集，pp.187～pp.192, 1987

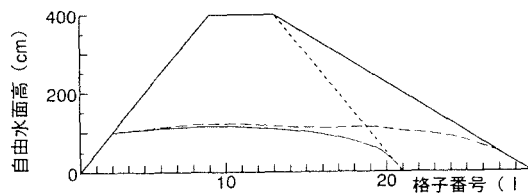


図3 自由水面高 断面形状による影響
120mm/day $K_s=0.00285\text{cm/s}$ $a=0.0025$
72時間後

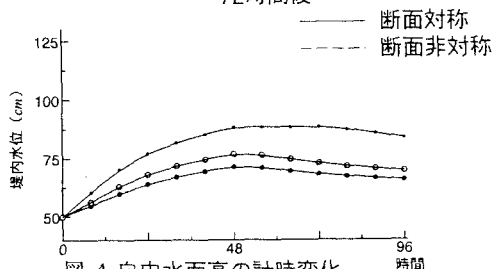


図4 自由水面高の計時変化
断面对称 $K_s=0.00285\text{cm/s}$ $a=0.0025$
 $I=17$

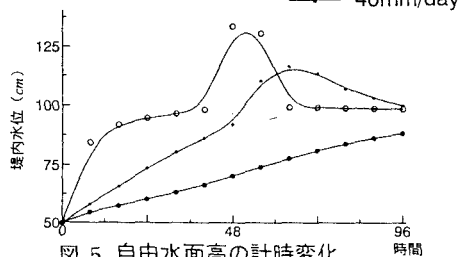


図5 自由水面高の計時変化
120mm/day 断面对称 $K_s=0.00285\text{cm/s}$
 $I=11$

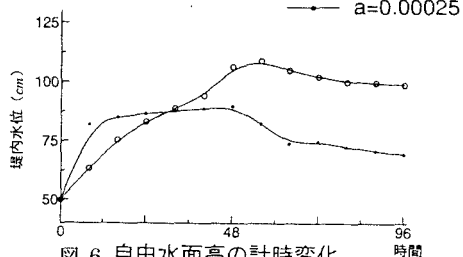


図6 自由水面高の計時変化
120mm/day 断面非対称 $a=0.0025$
 $I=17$