

実効雨量を用いた堤体内水分量の推定の試み

中部大学 正会員 ○杉井 俊夫

シーエヌ建設株式会社 非会員 伊藤 幸拓

1. はじめに

豪雨時には河川堤防は、河川からの浸透水だけでなく、天端やのり面からの雨水浸透を伴い、平常に比べて高い水分量を含むこととなる。堤防の重要箇所や整備前の堤防など、豪雨・出水時の堤体内の水分量が遠隔から推定できれば、避難情報や警戒情報の一部ともなりうる。そこで本研究では降雨時における堤体内の水分挙動の把握や危険度予測といった観点からモニタリング調査を行い、その結果から実効雨量と堤体内の水分量の関係を推定するモデルを提案している。

2. モニタリング概要

調査は矢田川と庄内川の背割堤で行っており、図1のように堤体に穴を開け、水分量を知るセンサーを50cm、100cm、200cmの深さに埋め込まれている。データは、10分間隔ごとにロギングしており、約1か月ごとにデータを現地で回収している。法面、法尻、高水敷にも同様に埋め込み水分量を測定しているが、本研究では降雨の影響に着目し地下水や河川水位の影響を除くため法肩下の調査結果のみを使用する。水分センサーには、安価で誘電率式水分センサー(ECHO-5 Decagon社製)を使用した。2011年6月から計測を行っており、2011年9月19-21日の台風接近による中

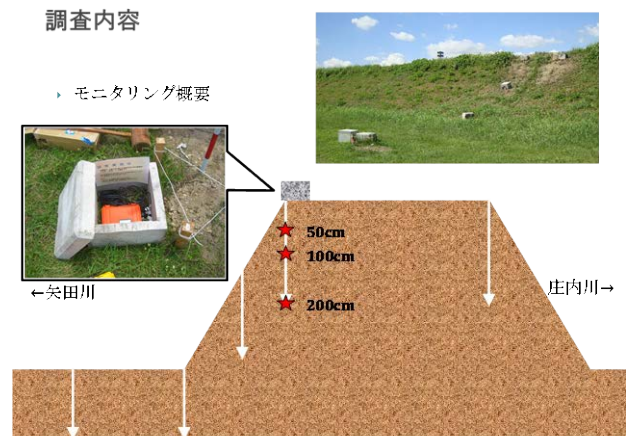


図1 センサー及びロガー設置断面図

部地方では強い豪雨を受けた。

3. 水分量と雨量データ

(1) 有効飽和度 10分ごとに得られた水分量のデータを0~1で表した有効飽和度に式(1)を用いて変換して使用した。

$$Se = \frac{\theta - \theta_s}{\theta_r - \theta_s} \quad (1)$$

ここに、有効飽和度: Se θ : 体積含水率
 θ_r : 最小体積含水率 θ_s : 飽和体積含水率

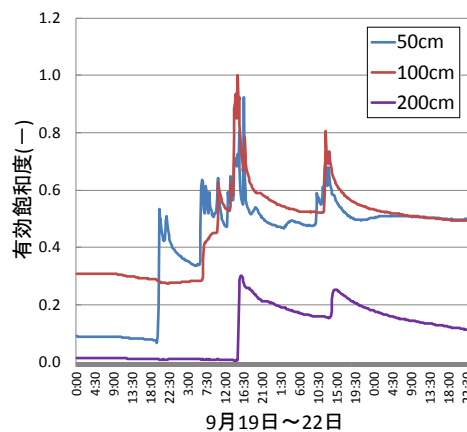


図2 有効飽和度の推移の様子

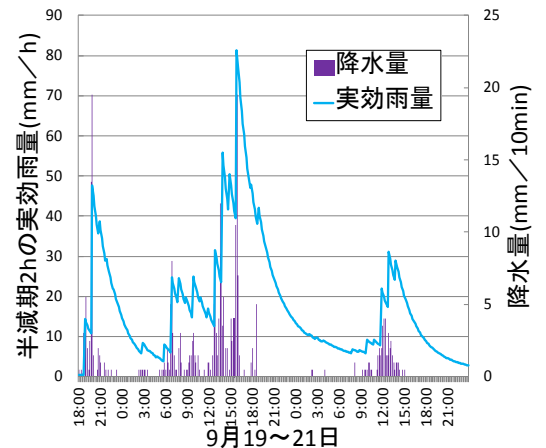


図3 台風第15号時の雨量

(2) 実効雨量の算出 雨量のデータは気象庁¹⁾のホームページから得た10分間隔のものを使用し、降雨による水分の残留を降雨強度も考慮して表すため実効雨量の概念を用いる。実効雨量とは、降雨が関係する災害に対してその瞬間に降っていた雨だけでなく、それまでに降った雨も原因の一部であるという考え方を示したもので、式(2)で表わすことができる。低減係数は雨量の影響が半分になるまでの時間を示した半減期とする。

$$R_w = \sum_{i=1}^n a_i \times R_i = a_1 R_1 + a_2 R_2 + \dots + a_n R_n \quad (2)$$

ここに、 R_i : i 時間前の雨量 $a_i = 0.5^{i/T}$: i 時間前の低減係数
 T : 半減期である。

キーワード 水分モニタリング、実効雨量、有効飽和度

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200 中部大学工学部都市建設工学科 TEL 0568-51-1111

(3) 有効飽和度と実効雨量の関係 図2に3つの深さの有効飽和度の変化、図3には実効雨量(半減期2時間)と10分間降水量を示している。両者の増加及び現象パターンが類似していることがわかる。

4. 実効雨量から有効飽和度の推定

実効雨量から有効飽和度を推定することを考える。この時、実効雨量は上限がないが、水分量では最小値から飽和の最大値までしか変化しないため、ロジスティック関数式(3)を用いて有効飽和度の推定値を表すこととした。

$$\hat{S}_e = \frac{1}{1 + \exp\{\alpha \times R_w(t) + \beta\}} \quad (3)$$

ここに、 $\hat{S}_e$: 推定有効飽和度
 $R_w(t)$: 時刻 t の実効雨量
 α, β : フィッティングパラメータ

フィッティング結果を表1とフィッティング再現結果を図4に示す。半減期を深さによって変化させているが、概ねフィッティングできていると判断できる。続いて、推定式の適用性を調べるため、7月の豪雨について推定パラメータを用いて水分量を推定した結果を図5.1から5.3に示す。

表1 パラメータ推定結果

深さ	50cm	100cm	200cm
パラメータ α	-0.036	-0.020	-0.020
パラメータ β	0.392	1.700	5.000
半減期(h)	1.5	20	60

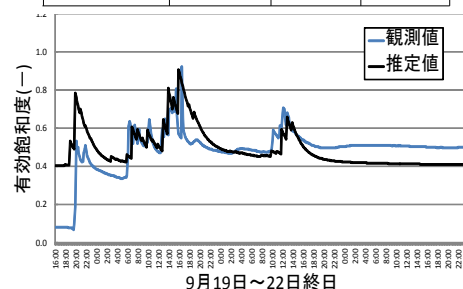


図4 50 cmでの再現結果

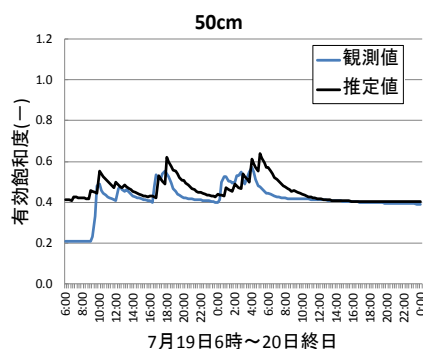


図5.1 50 cmでの適用

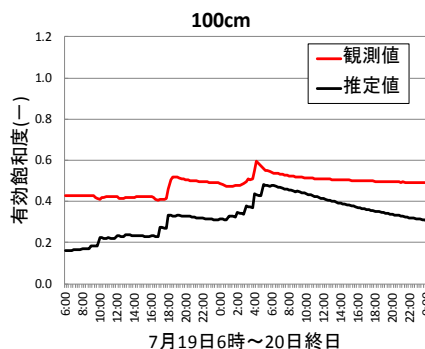


図5.2 100 cmでの適用

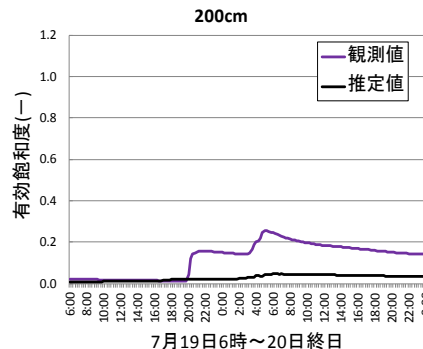


図5.3 200 cmでの適用

深さ50cmでは観測値に則した推定値を示すことができている。しかし深さ100cmでは、推定値が観測値を大きく下回っている。200cmでは数値の変化がほとんど見られず横ばい状態となっている。深部に行くほど、河川水の影響を受けやすいため、降雨だけでパラメータでの推定に限界があるのではないかと考えられ、堤体内水位についても検討が必要と考える。図6はそれぞれパラメータ β を意図的に小さくした結果であり、観測値と一致してきている。

5. おわりに

実効雨量から水分量を推定するモデルの構築を試みた結果、浅部では適用できることが得られた。深部については堤内水位などの影響が懸念された。本手法は斜面の管理にも有効であると考えられ、今後ともデータを蓄積し、検討していく予定である。本研究は、河川技術開発地域課題研究および基盤研究C(代表 中部大学 山田公夫教授)の補助を受けた。ここに、記して謝意を表します。

【参考文献】1)気象庁 気象統計情報 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

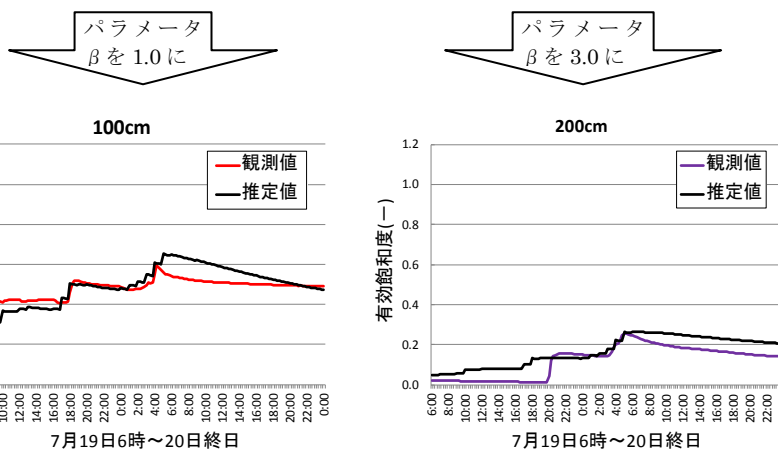


図6 それぞれ深さでのパラメータ修正後の適用結果