

低平地河川における洪水位予測の一手法

神戸大学工学部 正員 神田 徹
建設技術研究所 正員 ○西田良夫

1. まえがき

都市部を流下する低平地河川の洪水処理方式として、横越流堤による河道外排水やポンプによる他河川への排水等が検討または実施されつつある。これらの洪水処理施設の管理・運用においては、降雨パターン、河口潮位等の境界条件、洪水処理施設の操作ルール等の多数の組合せが考慮対象となるが、それらの各組合せに対して従来の洪水追跡計算法をそのまま用いるのは実用面から検討の余地があろう¹⁾。本研究はこの観点から、河道各地点の水位を簡便に予測する手法を開発し、それを洪水制御に有効に活用することを目的として研究を行ったものである。

2. 洪水制御モデルの設定

図-1に示すような1合流点、3河道からなる河川系をモデル河川とした。図中に示すZは最下流端Point 48の水位(0m)を基準とした河床高である。洪水処理方式としては、横越流堤による河道外排水およびポンプによる他河川への排水を想定した。図中にこれらの設置位置を示す。このような洪水制御モデルを対象として、図-2(1)、(2)に示す流量を各河道の上流端に与えて、洪水制御を行わない場合および横越流堤あるいはポンプによる制御を行う場合の各々について河道各地点の水位あるいは越流量を計算し、これを観測データのかわりに使用する。

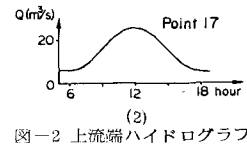
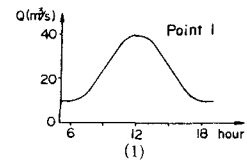
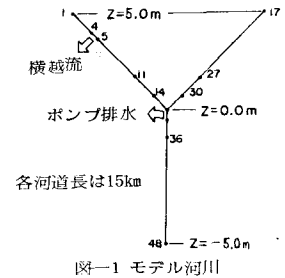


図-2 上流端ハイドログラフ

3. 水位予測手法

上流地点および下流地点で河道から流量を排除した場合の河道各地点の水位低下量は、横越流堤の越流量および合流点水位低下量に大きく依存し、両者の関係はほぼ線形近似できることがわかった。²⁾ 本文では無操作時の水位を既知と仮定して、操作時の河道各地点の水位低下量を実時間で予測し、これより水位を知るという手法を提案する。河道各地点の水位低下量を表わすのに、横越流量、ポンプ排水量等を用い、操作による水位低下の伝ば時間を考慮して次のような線形式を仮定した。

$$\text{横越流のある場合} \quad ; \Delta h(t) = a_1 Q_w(t-T_1) + a_2 Q_w(t-T_2) + a_3 Q_w(t-T_3) \quad (1)$$

$$\Delta h(t) = a_1 Q_w(t-T_1) + a_2 Q_w(t-T_2) + b_1 \Delta h(t-\tau_1) + b_2 \Delta h(t-\tau_2) \quad (2)$$

$$\text{ポンプ操作を行う場合} \quad ; \Delta h(t) = a_1 Q_p(t-T) + a_2 Q_p(t-2T) + a_3 Q_p(t-3T) + b_1 \Delta h(t-\tau_1) + b_2 \Delta h(t-\tau_2) \quad (3)$$

ここに、 $\Delta h(t)$ は時刻 t での河道各地点の水位低下量、 Q_w は横越流量、 T_1 は横越流が水位低下に影響を及ぼし始める時間、 T_2 は横越流と水位低下の各々の最大値の time lag、 $T_3 \doteq 2 \times T_2$ 、 Q_p はポンプ排水量、 T はポンプ操作による水位低下の伝ば時間、 τ_1 、 τ_2 は予測時間

Kanda Tooru, Nishida Yoshio

を考慮した時間遅れである。また a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 は各時刻で同定すべきパラメータであり、同定にはカルマン・フィルター理論を用いる。同理論においてシステムの状態、観測方程式はそれぞれ次式で表わされる。

$$X(k+1) = \Phi(k+1|k)X(k) + W(k) \quad (4) \quad Z(k+1) = M(k+1)X(k+1) + V(k+1) \quad (5)$$

ここに、 $X(k)$ は時刻 k における状態ベクトル、 Φ は遷移行列で単位行列と仮定、 Z は観測値、 M はシステムの入力となる非確率行列、 W 、 V は平均値が 0 で分散がそれぞれ Q 、 R のガウス性雑音である。

(5) 式の Z に (1)、(2)、(3) 式の Δh を対応させ、 X をパラメータ a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 として同定する。この同定パラメータを用いて Δh を予測することができる。

4. 予測結果

図-3 は横越流による水位低下量の予測例を示し、図-4、5 (1)、(2) はそれぞれ (1)、(2) 式を用いた場合の同定パラメータを示す。図-3 において、(2) 式による予測値が振動しているが、これは雑音分散 Q の仮定値の影響である。図-6 はポンプ操作による水位低下量の予測例を示し、図-7 はこのときの同定パラメータを示す。ポンプ操

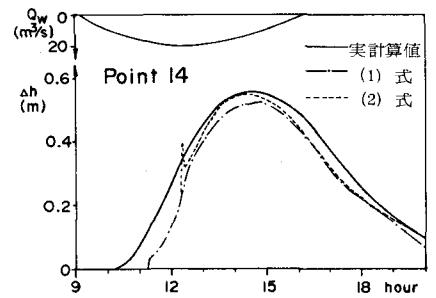


図-3 Δh の予測例 (1 時間後)

作終了後に予測値の振動が見られる。これはポンプ排水量が急激に 0 になるためにパラメータ b_1 、 b_2 が振動することによ

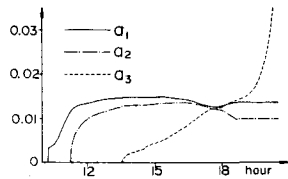


図-4 同定パラメータ

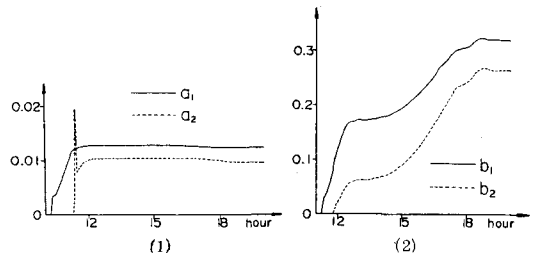


図-5 同定パラメータ

るが、比較的良好な予測値と考えられる。

5. あとがき

今後、観測誤差を導入し、雑音分散 Q 、 R による予測特性の変化を考慮に入れ、さらに手法の改良を行う必要があると考えられる。おわりに、本研究は昭和 55 年度文部省科研費（自然災害特別研究(1)、代表者—神田徹）による研究の一部であることを記す。

参考文献

- 1) 江藤・西村：低平地河川網における動的応答解析の一手法，土木学会論文報告集，第 271 号，1978
- 2) 神田：低平地河川網における洪水制御システムの研究，自然災害シンポジウム，1980

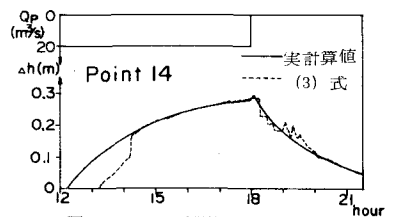


図-6 Δh の予測例 (1 時間後)

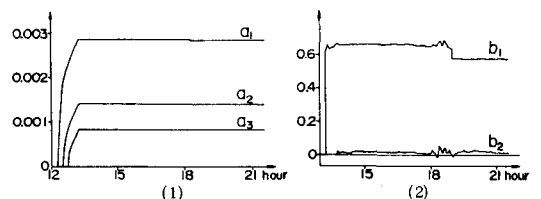


図-7 同定パラメータ