

II-48

三次元CADシステムによる流出解析の可視化

鉄建建設(株)	正員	近藤 直樹
鉄建建設(株)	正員	松岡 茂
埼玉大学工学部	正員	佐藤 邦明

1. はじめに

従来の水文流出解析では一つの流域で一つの流出特性を把握するにとどまっていたが、本解析では流域を多数の単位流域に分割することにより一つの流域で複数の流出特性を取り扱うことが可能となった。本論文はこれを視覚化するための手段として三次元CADを用い流出状況の大局的な把握を容易にし、以て実用化への可能性を探るものである。

2. 解析システム

解析システムは米国CV社の三次元CADを使用した。三次元CADは機械設計の分野で発達した設計システムであるが最近では実物により近い画像を表現できた種々の解析システムともデータ交換が可能となり土木・建築分野においても設計や企画に応用することが可能となった。今回はこれを利用して解析及び図化を行いその適用性を検討した。

3. 解析の方法

解析にはKinematic Wave法¹⁾のごく初歩的な方法を用いる。解析の条件は(1)流域をメッシュ状の単位流域に区分する(2)流路幅を一定とする(3)一定雨量を一定時間降水させたときの解析とする(4)地表流のみの解析とする(5)流域全体からの流出量がその最大値に対してある割合(例えば5%)を下回ったときに解析を終了する、とする。

4. 図化の方法

ある斜面 i に着目するときそこから上流側にある斜面全体からの時刻 t における流出量を $Q_i(t)$ とすると、 $Q_i(t)$ は同時に時刻 t のとき斜面 i の下流側の端ではどれだけの量の水が流れているかを表す。これを近似的に時刻 t における斜面 i での流量とすれば、斜面 i が流域下流端に近いほどハイドログラフのピークは大きくまた遅く現れる(図1)との予見に基づき下記の処理を行いコンターライン及び柱状図による図化を行う。

4. 1 時間的特性の図化

時刻 t における斜面 i から上流側にある斜面全体からの流出量(以後斜面 i での流量とよぶ)を $Q_i(t)$ とするとき斜面 i のハイドログラフ $Q_i(t)$ の図心軸となる時刻 t_{ci} を求め(式(1))これを斜面 i のハイドログラフを記述する特性時間とする。次に各斜面について特性時間を求めその最小値 t_{cmin} を0, 最大値 t_{cmax} を1とした範囲に変換したときの特性時間の無次元値 t_{ci}^* を特性時間比とよぶ(式(2))。ところが特性時間比の分布が図2に示すように0の近くに集中しており値が大きくなるに従って急激に小さくなる傾向があった。このため等間隔な特性時間比でコンターラインを描くことは困難であり分布を平坦に近くするためにさらに各斜面の特性時間比を一度対数に置き換えたものを定義しこれを便宜的に対数特性時間 t_{li} とよぶことにする(式(3))。定義から

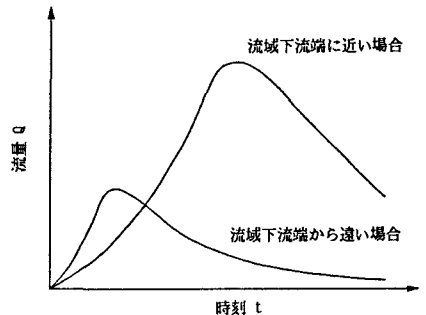
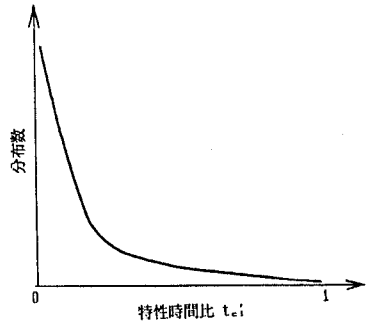


図1 斜面の位置とハイドログラフとの関係

図2 特性時間比 t_{ci}^* の分布

わかるように対数特性時間は0以下の実数値を持つ。次に対数特性時間の最小値 $t_{i, \min}$ を0, 最大値 $t_{i, \max}$ を1とした範囲に変換したときの各斜面の対数特性時間の無次元値 t_{ci} を対数特性時間比とよび(式(4))各斜面の流出特性の時間的關係を表す指標として図化に用いることとする。

$$t_{ci} = (\int (Q_i(t) \cdot t) dt) / (\int Q_i(t) dt) \quad (1)$$

$$t_{ci}' = (t_{ci} - t_{i, \min}) / (t_{i, \max} - t_{i, \min}) \quad (2)$$

$$t_{ii} = \log(t_{ci}') \quad (3)$$

$$t_{ii}' = (t_{ii} - t_{i, \min}) / (t_{i, \max} - t_{i, \min}) \quad (4)$$

4.2 流量関係の図化

時刻 t における斜面 i での流量 $Q_i(t)$ の, 流域最下流端の斜面での流量の最大値 $Q_{\max}$ (流域全体からの流出量の最大値)に対する割合 $Q_{ri}(t)$ を時刻 t における斜面 i での流量比とよぶ(式(5)). とところが流量比も対数特性時間比と同様に分布が0の近傍に集中するため流量比を一度対数に置き換え(式(6)), これを便宜的に変換流量比 $Q_{ri}'(t)$ とよぶ。次に変換流量比の最小値 $Q_{i, \min}$ を0, 最大値 $Q_{i, \max}$ を1としたときの変換流量比の無次元値 Q_{ii}' を対数流量比とよび(式(7)), 流出状態の経時変化を表す指標として図化に用いる。また各メッシュでの対数流量比の最大値 $Q_{ii, \max}$ を最大対数流量比とよび流域各斜面での最も危険側の流量を表す指標として図化に用いる。

$$Q_{ri}(t) = Q_i(t) / Q_{\max} \quad (5)$$

$$Q_{ii}(t) = \log(Q_{ri}(t)) \quad (6)$$

$$Q_{ii}'(t) = (Q_{ii}(t) - Q_{i, \min}) / (Q_{i, \max} - Q_{i, \min}) \quad (7)$$

5. 解析の一例

解析の対象となるモデルを図3のように設定した。なお斜面メッシュの一边の長さは25(m)である。これに有効降雨強度 $r_e=10$ (mm/h)の雨を降雨継続時間 $t_r=1$ (hr)だけ降水させて解析を行った。この結果を上記の方法で図化したものを図4-6に示す。これらの図は流域の流出特性をよく表現していると考えられる。

6. おわりに

この試みより三次元CADを用いた流出特性の表現は有用であると思われる。解析の条件や図化の方法など解決すべき問題が存在するが今後はアルゴリズムを強化し, 検証を経て実際の設計計算に適用可能と考える。

参考文献

1) 水理公式集(昭和60年度版), 土木学会, pp. 206-208.

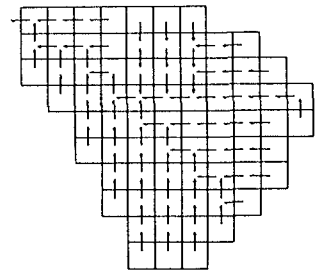


図3 解析モデル

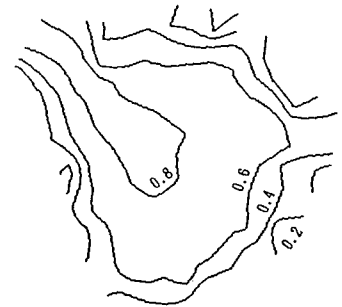


図4 対数特性時間比 t_{ii}' のコンター



図5 最大対数流量比 $Q_{ii, \max}'$ のコンター

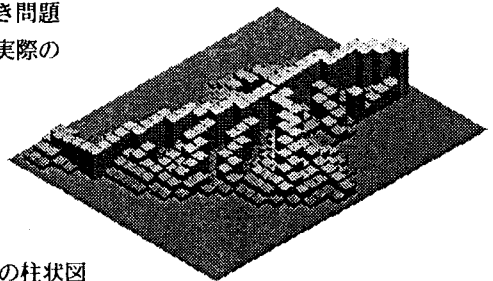


図6 最大対数流量比の柱状図