

USF を用いた水循環解析モデルの構築と神田川上流域への適用

首都大学東京 学生員 ○北嶋 駿一
首都大学東京 正会員 天口 英雄
首都大学東京 正会員 河村 明

東京都建設局 正会員 高崎 忠勝
首都大学東京 学生員 田内 裕人

1. はじめに

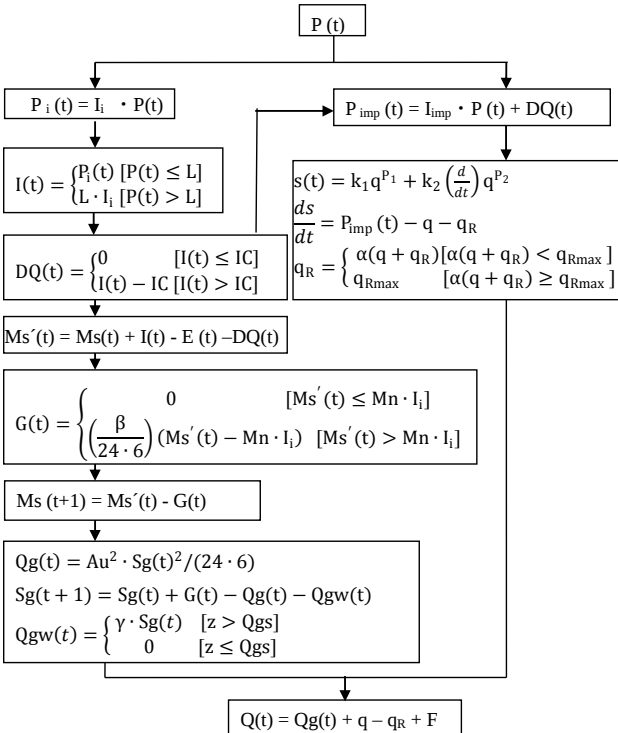
都市化による不浸透域の増加は、雨水が地下に浸透する量を減少させ、地下水位低下、湧水枯渇、河川流量減少など、都市の水循環系において様々な問題点が発生している。洪水流出量の増大に対しては、河道や調節池等の治水施設の整備と合わせて流域の保水・遊水機能を維持するために総合的な治水対策が実施され、その一環として貯留・浸透施設の整備が進められている¹⁾。雨水貯留・浸透施設は洪水流出抑制効果だけでなく、平常時の河川流量の確保、湧水の復活など水循環改善への効果も期待されている。本研究では、都市貯留関数法を用いた水循環モデルを構築するとともに、神田川上流域において設置された雨水浸透施設の効果量を試算した。

2. 都市貯留関数法を用いた水循環解析モデルの概要

図-1 に都市貯留関数モデル(Urban Storage Function model: 以下, USF モデル)を用いた水循環解析モデルのフローチャートを示す。構築した水循環モデルは、長期的な水収支に加えて洪水時の水収支を解析できるように、浸透域に対しては安藤らの水循環モデル²⁾を、不浸透域に対しては都市貯留関数法³⁾を用いている。USF モデルは、都市特有の流出機構を考慮した、都市中小河川での洪水予測に適した新たな貯留関数モデルであり、都市中小河川での洪水時のハイドログラフを精度よく再現することができるモデルである¹⁾。水循環モデルに設定する水文パラメータは、浸透域では窪地貯留量(L)、最小容水量(Mn)、地下水涵養定数(β)、不圧減水定数(Au)および深層地下水への漏水(Qgw)で、不浸透域では貯留関数のパラメータ(k₁, k₂, p₁, p₂)、下水道排水定数(α)、最大雨水排水量(q_{Rmax})および環境用水量(F)である。

3. 対象流域の概要と雨水流出抑制施設の設置状況

本研究で対象とする神田川上流域は、井の頭池から善福寺川合流点まで(流域面積約11.7km², 流路延長約9km)である(図-2)。表-1 は、神田川上流域の地物データ GIS⁴⁾より



入力量(パラメータ等) : P:雨量(mm/10min), I_i:面積率, L:窪地貯留量(mm), IC:浸透能(mm/10min), Mn:最小容水量(mm), β:地下水涵養定数, Au:不圧減水定数, Qgw:深層地下水への漏水(mm/10min), k₁, k₂, p₁, p₂:貯留関数のパラメータ, α:下水道排水定数, q_{Rmax}:最大雨水排水量(mm/10min), F:環境用水量(mm/10min) 状態(解析)量 : P_i:浸透域の雨量, D_q:浸透域からの直接流出量, M_s[']:土壌水分保有量, E:蒸発散量(ハモン式), G:地下水涵養量, Qg:地下水流出量, Sg:地下水貯留量, s:不浸透域の貯留量, Qgw, γ, z: 深層地下水への漏水量およびそのパラメータ

図-1 水循環解析のモデルフロー



図-2 神田川上流域図

表-1 対象流域の雨水流出抑制施設設置状況と水文パラメータ

	単位	道路・舗装地等		建物		その他	浸透域
		対策なし	対策あり	対策なし	対策あり		
面積率	-	16.70%	2.45%	28.00%	2.46%	15.34%	35.10%
窪地貯留量	mm	2	20	2	2	2	5
浸透可能量	mm/hr	0	5	0	20	0	20

表-2 流出解析に用いた水文パラメータと設定値

パラメータ	β	Au	k_1	k_2	p_2	p_2	γ	z	α	q_{Rmax}
設定値	0.7	0.18	8.5	21	0.658	0.418	0.001	5	0.7	0.6

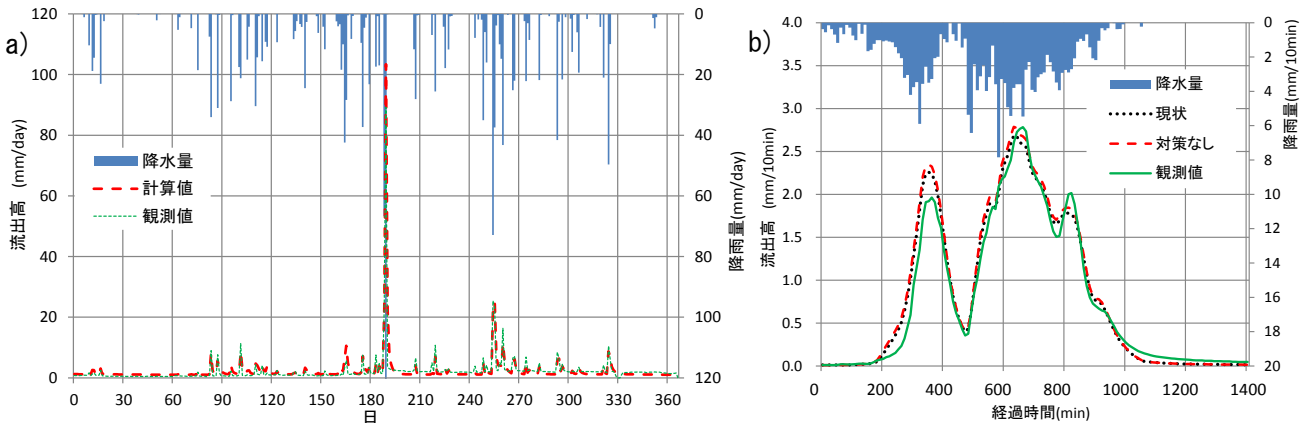


図-3 解析結果, a) 日単位の高ドログラフ, b) 10 分単位の高ドログラフの一例

に求めた 2003 年時点での雨水浸透施設設置状況を示したものである。ここで、道路・舗装地の対策ありとは透水性舗装を、建物の対策ありとは浸透マスおよび浸透トレンチが設置された家屋について、神田川上流域の和泉橋水位観測所地点での面積率を示したものである。

4. 水循環解析と雨水浸透施設設置の効果

対象降雨は図-1 に示す東京都水防災データの観測値をティーセン法により 10 分値の流域平均雨量として求めた。本データは気象庁のデータと比べて年降水量が約 1 割小さい傾向があったため、近傍の気象庁観測所の値を用いて補正を行った。水循環解析は、表-1 および表-2 に示す水文パラメータを用いて、2000 年当時の雨水浸透施設設置状況を考慮した解析を行った。図-3 a) は日単位の和泉橋地点における計算値および観測値を示したもので、日単位の誤差平均値は 0.64 と大きいものの、年単位のそれは 0.06 と良好な結果が得られた。次いで、現状の流出抑制施設を考慮しない場合の水循環を行い、年収支について表-3 にまとめた。浸透量の変化は、年総降水量 1533mm/year に対し、浸透施設の設置により 86.9mm 増加（年総降水量に対して 5%増加）している。この効果量は対策面積率に相当するものである。次いで、図-3 b) は、総雨量 210mm、60 分最大雨量 29mm(2000/7/7 18 : 00~)の解析結果高ドログラフを示したものである。ピーク流出高の低減率は、現状の流出高(2.687)と対策なし(2.786)から約 3.5%と計算できる。ピーク流出高の低減率は洪水の規模により異なるが、本洪水のように降雨規模の大きな洪水に対してもその効果が見られることが分かった。

5. むすび

本研究では、都市貯留関数法を用いた水循環モデルを構築するとともに、神田川上流域において設置された雨水浸透施設を考慮した水循環解析を実施した。水循環モデルを用いて、流出抑制施設設置の効果として、雨水浸透施設が無かった場合のシミュレーションを実施し、年間水収支変化の分析と洪水時におけるピーク流出高低減効果について示した。

参考文献

1) 東京都総合治水対策協議会：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針，2009.2
2) 安藤義久，虫明功臣，高橋裕：丘陵地の水循環機構とそれに対する都市化の影響，第 25 回水理講演会論文集，pp.197-208, 1981.
3) 高崎忠勝，河村 明，天口英雄：合流式下水道の流出特性を考慮した都市洪水貯留関数モデルの構築，水文・水資源学会誌，Vol.21, No.3, pp.228-241（2008 年 5 月）
4) 天口英雄，河村明，荒木千博：神田川上流域の地物データを用いた洪水流出モデルの構築とその適用，河川技術論文集，Vol.15, pp.377-382, 2009.

表-3 浸透施設有無による水文量の変化（単位：mm）

	道路・舗装地等 (対策)	(なし)	(あり)	建物 (なし)	(あり)	その他 不透	浸透域	合計
現状	(a)	0.0	37.6	0.0	49.3	0.0	529.7	616.6
	(b)	36.5	0.0	6.9	0.8	31.3	184.5	260.0
	(c)	218.1	0.0	151.8	0.0	182.8	0.0	552.7
対策なし	(a)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	529.7	529.7
	(b)	33.7	0.0	7.4	0.0	33.7	184.5	259.3
	(c)	250.1	0.0	167.3	0.0	201.5	0.0	618.9

※ (a):浸透量, (b):蒸発散量, (c):直接流出量