

都市流出に関する考察

愛媛大学 工学部 正員 豊 国 永 次
愛媛大学 工学部 正員 渡 辺 政 広

都市域の流域モデリングとそれによる流出シミュレーションの適合性について、これまで検討を進めてきている。本報告では従来の等価流域モデリング法における lumping 方法とは別に、流域内の流路システムと各種流出面を各分割区域毎に lumping する流域モデリング法について詳細に検討し、これらをもとに都市域の流域モデリング法と統合的に把握する方向を示唆した。次に満管流れ、氾濫を伴う流路システムの流れと、実用的に取扱う解析手法について考察を進める。

流域モデリング法に関する検討

流域モデリング法について：実流域の雨水流出システムを構成する各種流出面ならびにこれらからの雨水を受ける流路網（小支線、支線、幹線）を現地調査し、これらの結果をもとに、規格化された幾つかの代表流出面（Table 1）と流路システム（小支線、支線、幹線水路）からなる基準化モデル（Modular Model）がまず構成される。この基準化モデルをもとに、lumping 方式と異なる二つのモデリング法が考えられる（Fig. 1）。その一つの方法は、これまで詳細に検討してきた、流域を等価斜面に lumping する流域モデリング法で、Modular Model は Fig. 1 における流域 Model III、II、I へと順次単純化される。その二の方法は、等価斜面による lumping は行わないで、流域内の流路システムと各種流出面と各分割区域毎（小支線、支線、幹線区域）に lumping する流域モデリング法で、Modular Model はさきの Model II に対する Simplified Modular Model (S.M. Model (II)), さらに Model I に対する S.M. Model (I) へと順次単純化される。

Simplified Modular Model による流域モデリング法とその適用性に関する検討：上述した S.M. Model による流域モデリング法とその流出シミュレーションに関する適合性について、Modular Model ならびに従来の等価流域モデリング法による結果と対比しながら、数値実験的に検討する。

(1) 流域モデル構成：検討の対象とした流域（Modular Model）は、小支線区域について lump した各種流出面（Table 1 の諸元）と流路システム（小支線、支線、幹線水路）で構成され（Fig. 2）、小支線区域が集って支線区域（A、B-block）と、支線区域が集って幹線区

STRIP	DESCRIPTION	LENGTH	SLOPE	ROUGHNESS	SUBAREA WITH MANY SUBAREA WITH MANY IMPERMEABLE PLANE IMPERMEABLE PLANE	
					A-block	B-block
I	Composition Roofing (1) Jap. style, Impervious	l_1 (5.00m)	l_1 (0.36)	N_1 (0.01m ² /sec)	q_1 (17.0%)	q_1 (11.1%)
II	Composition Roofing (2) Building, Impervious	l_2 (6.0)	l_2 (0.01)	N_2 (0.01)	q_2 (1.9%)	q_2 (2.5)
III	Street, Pavement Impervious	l_3 (3.5)	l_3 (0.03)	N_3 (0.02)	q_3 (32.7)	q_3 (5.4)
IV	Grass, bare Land (1) Back Garden	l_4 (2.5)	l_4 (0.01)	N_4 (0.25)	q_4 (8.1)	q_4 (0.8)
V	Grass, bare Land (2) Park, Ground of School	l_5 (1.8)	l_5 (0.01)	N_5 (0.25)	q_5 (1.9)	q_5 (2.1)

Table 1 代表流出面と A、B-block の流出面構成

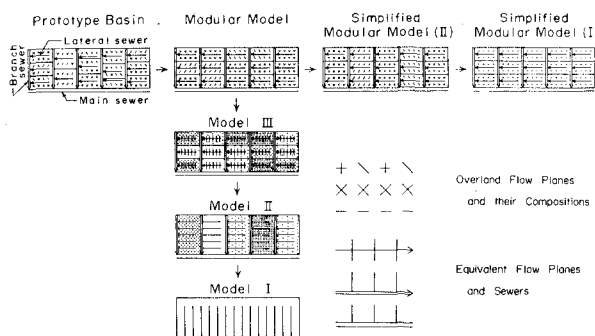


Fig. 1 都市域の流域モデリング法

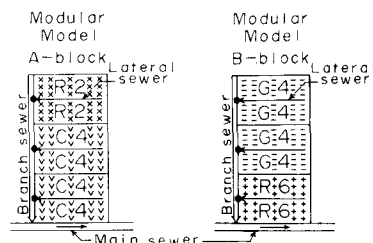


Fig. 2 Modular Model の A、B-block

STRIP	SUBAREA (%)			
	A-BLOCK		B-BLOCK	
	Commercial and Industrial Plot	Residential Plot	Residential Plot	Grassed and Residential Plot
I	C4 type	R2 type	R6 type	G4 type
II	31.04	47.58	33.30	—
III	25.67	6.47	10.50	52.00
IV	39.04	20.00	8.20	4.00
V	4.05	20.25	48.00	63.30
	—	3.70	—	95.00

Table 2 小支線区域の流出面構成と支線区域 (A、B-block)

域と形づく。Table 2は、実流域においてみられる小支線区域のうち、ここで採用した商業地区(C4 type)、住宅地区(R2, R6 type)、緑地・空地々区(G4 type)の各種流出面ならびにA、B-block(支線区域)構成の関係を示す。すなわち、A-blockはC4とR2 typeとからなり、不透透域が区域の90%を占め、B-blockはR6とG4 typeとからなり、浸透域が区域の80%を占める。このModular Modelをもとに、まず等価斜面による流域モデルとして、支線区域に対するModel II、幹線区域に対するModel Iをつくる。一方、流域を構成する各種流出面および流路を小支線区域から支線区域まで広げてlumpingすると、S.M. Model(II)が、さらに幹線まで広げるとS.M. Model(I)がそれぞれ構成される(Fig. 3)。

(2) S.M. Modelによる流域モデリング法の通用性: S.M. Modelによる流出シミュレーション結果と、Modular Modelならびに等価流域モデルのそれと対比検討した。それらの結果を以下に述べる(Fig. 4)。i) Modular Modelの各小支線下流端hydro.は流出面構成に応じて異なる流出特性を示す。ii) 支線下流端におけるhydro. (a, b図)をみると、Model IIのhydro.はModular Modelのそれに較べて扁平化し、適合度がいかに低下する。この傾向は流出前期に着い。これに対してS.M. Modelによる結果は、出水の全体を通じてModular Modelのそれに近く、適合性が高い。iii) C図はA-block(支線区域)の位置変化による幹線下流端hydro.の変動を示したもので、幹線下流端の流出を考えると、かなり精度低下が起ることを示している。

以上より、Modular ModelとS.M. Modelのように単純化すれば、Modular Modelに比べ、高い精度のシミュレーション結果が得られ、計算も簡便化されることがわかる。

Surchargeを伴う流路システムの流出に関する考察

これまで満管流れ、マンホール貯留の起らない範囲における都市域のモデリングとそれによる流出シミュレーションについて検討を進めてきた。ところが大雨洪水時の流路システムでは、時間的、場所的に自由水面流れと圧力流れが現われ、マンホール内貯留や地表面氾濫を伴う複雑な現象がみられる。こうした大雨洪水時の流出現象を精度高くシミュレートするには、流路の流れに対して、いわゆるdynamic waveとしての取扱が必要となろう。しかしそれらに取扱いは実際の流路システムに適用する場合、計算時間、コスト等、実用に際し問題となる。そこで実用的解析法として、現在次のように検討を進めている。自由水面流れについては、diffusion wave近似あるいはkinematic wave近似と、圧力流れについては、マンホールと貯水槽とみなし、通常の管路流れの式を適用するか、もしくはkinematic wave近似において、流路定数と時間的に変動するものとして適用し、流路システムの流れを実用的にシミュレートする。

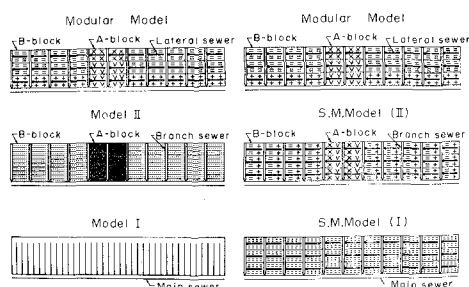
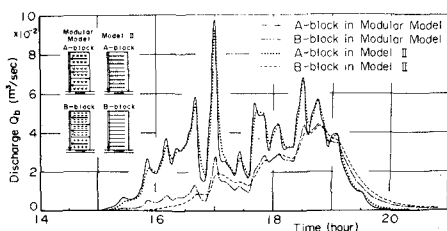
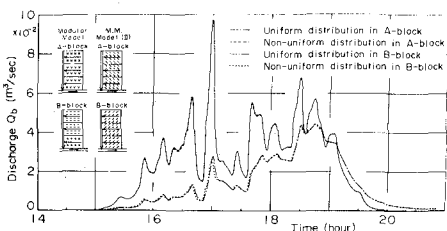


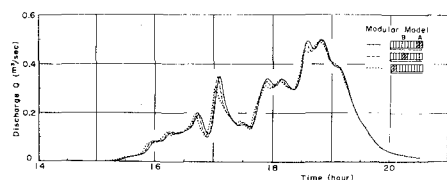
Fig. 3 数値実験における各流域モデル



(a) 支線下流端hydro. (Modular ModelとModel II)



(b) 支線下流端hydro. (Modular ModelとS.M. Model(II))



(c) 幹線下流端hydro. (A-blockから2/11の端合)

Fig. 4 流出シミュレーション結果