

도시유역의 내수배제시스템 설계를 위한 유출특성분석 -SWMM의 적용-

최 윤 영 · 이 영 화*
경도대학 토목환경학과 · 경산대학교 토목공학과
(2000년 3월 13일 접수)

Runoff Characteristics Analysis for Interior Drainage Systems in Urban Basin -Application of SWMM-

Yun-Young Choi and Yeong-Hwa Lee*
Dept. of Civil and Environmental, Kyungdo College
*Dept. of Civil Engineering, Kyungsan University
(Manuscript received 13 March, 2000)

This study is carried out the analysis of the runoff characteristics for the design of the interior drainage systems by SWMM in urbanization basin. The basin analyzed in this study is Bumuh-chun basin which is located in Susung-gu of Taegu city. Huff method is used for rainfall distribution analysis. The optimal rainfall duration in Bumuh-chun basin is analyzed as about 90 minutes decided from comparison of arrival time and critical duration. Flood flow variation pattern is proposed through the comparison of the results of peak flow and peak time analyzed by SWMM about pre-urbanization and post-urbanization of Bumuh-chun basin. It is known that the variation of arrival time caused by the rapid increase of pavement rate in the upper area shows about 20~25 minutes faster than pre-urbanization.

Therefore, the management of surface water for design of water supply and drainage, and channel alteration has to considered the variation of geological factors according to urbanization.

Key words : SWMM, runoff characteristics, Huff, rainfall duration, urbanization, arrival time, critical duration, peak flow

1. 서 론

도시의 집중화와 광역화는 토지이용률을 높이고 개발구역의 확대에 따른 하천연변의 저지대 개발면적의 증대 및 산기슭 비탈면 절취에 의한 택지화 등으로 도시환경이 크게 변화하여 왔다. 급격한 인구의 증가와 공업화·산업화·도시화의 영향으로 도시로의 인구집중 및 가구수의 증가, 상가면적의 확대로 도시지역은 생활용수량을 비롯한 각종 소비수량의 증대와 아울러 기후의 변화, 불투수지역의 증대, 표면 조도계수의 감소, 자연보유력의 감소, 홍수 지체시간의 감소, 기저유출의 변화, 수질의 악화 그리고 침투능 및 증발산량의 감소등과 같은 수문현상의 변화로 자연하천 유역과는 상이한 유출특성을 가지게 된다. 도시유역의 유출해석에 관한 연구는 Terstriep & Stall¹⁾에 의해 도시지역의 유출해석은 물론 배수관망의 설계 및 평가를 위하여 ILLUDAS model을 개발하여 보급한 이후로 Huber & Dickinson²⁾에 의해 SWMM(Storm

Water Management Model)이 개발되어 보급되면서 활발한 연구가 진행중에 있다. 또한 국내에서는 윤용남³⁾등이 도시홍수 재해방지를 위하여 내수처리 시스템분석 및 설계기법의 개발을 통하여 기존의 도시유출모형들의 유역적용에 대한 타당성을 검토하였으며, 서병하^{4,5)}등은 도시규모 단지의 우수유출량산정기법에 관한 연구에서 ILLUDAS model 및 ILSD model의 적용성을 검토하였다. 또한 서규우^{6,7)}등은 강우분포특성에 따른 유출변화특성에 관한 연구를 통하여 ILLUDAS model과 SWMM을 적용하여 유출특성분석을 하였다. 이영화^{8,9)}가 도시하천유역의 유지용수산정에 관한 연구에서 도시환경에서의 지표수 및 지하수 관리 등에 관하여 발표한 바가 있으며 최윤영¹⁰⁾은 도시화로 인한 유출특성에 관한 연구를 수행한 바 있다.

한편 도시유역의 지표수관리에 있어서 홍수유출해석은 단기간에 걸쳐서 발생하는 유출현상을 규명하여 치수

및 도시구역의 배수기능을 원활히 하는데 그 목적을 두고 있으므로 도시화에 따른 효과적인 지표수 관리를 위해서는 실제구역에서 지형인자들의 변화가 유출특성에 미치는 영향을 명확하게 파악하여야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 도시화전·후에 대한 지형인자 구성비 변화가 유출특성에 미치는 영향을 파악함으로써 향후 도시화 건설에 따른 내수배제설계시 그 기초를 마련하는데 목적을 두었다. 또한, 본 연구의 결과를 대규모 택지개발 등과 같은 개발행위시에 중요한 요소인 수공구조물의 설계년 및 유출억제방안 등에 대한 평가에 활용할 경우 합리적인 방안을 강구할 수 있는 자료를 제공할 것이다.

2. 모델의 기본이론

본 연구에서는 도시구역의 유출 및 오염원 배출 현상을 정량적으로 모의할 수 있는 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 SWMM을 선정하였다. 특히, SWMM의 여러 Block 중에서 지표면유출을 위해서는 Runoff Block, 관거에서는 Transport Block을 사용하였으며 기본이론은 다음과 같다.

2.1. 지표면유출

지표면유출을 위한 소유역은 지면저류가 없는 불투수성과 지면저류가 있는 불투수성 및 투수성으로 분류된다. 지표면 유출량은 유역을 비선형저수지로 가정하여 연속방정식과 Manning공식에 의해 계산되는데 이 때 각 소유역의 연속방정식은 식 (1)과 같다.

$$\frac{dV}{dt} = A \cdot \frac{dd}{dt} = A \cdot i - Q \tag{1}$$

이 때 V 는 흐름체적, A 는 면적, d 는 수심, i 는 유효우량 및 Q 는 유출률이다. 이 때 유출률을 Manning공식으로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$Q = W \frac{1}{n} (d - d_p)^{1.6667} \cdot S^{0.5} \tag{2}$$

여기서, W 는 유역의 폭, n 은 조도계수, d_p 는 지면저류손실깊이이고 S 는 유역의 경사이다. 한편 식 (1)과 식 (2)을 다시 나타내면 식 (3) 및 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dd}{dt} = i - WCON \cdot (d - d_p)^{1.6667} \cdot S^{0.5} \tag{3}$$

$$WCON = \frac{W}{A \cdot n} \tag{4}$$

한편 식 (3)은 비선형 미분방정식이며 이로부터 수심 d 를 구하기 위한 유한차분방정식은 식 (5)로 나타낼 수 있다.

$$\frac{d_2 - d_1}{\Delta t} = i - WCON [d_1 + 0.5(d_2 - d_1) - d_p]^{1.6667} \cdot S^{0.5} \tag{5}$$

여기서, 첨자 1은 전시간, 첨자 2는 현재시간을 나타내고 이 방정식은 Newton-Raphson 시행착오법을 사용하여 수심 d_2 를 결정하므로써 유출량을 연속적으로 계산해 나간다. 그리고 $WCON$ 상수에 의해 불투수성 지역과 투수성지역에서의 유출량이 계산된다.

2.2. 관거추적

관흐름의 해석은 변형 Nonlinear Kinematic Wave법을 사용한다. 이때 관로경사 S_o 는 마찰경사 S_f 와 같고 관거흐름은 각 시간간격 사이에서 정상류라는 가정하에 연속방정식과 Manning공식이 사용된다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \tag{6}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S_o^{0.5} \cdot A \cdot R^{0.6667} \tag{7}$$

여기서, x 는 관로길이, A 는 관의 단면적, R 은 동수반경, S_o 는 관로경사, n 은 Manning 조도계수이다. 연속방정식을 $x-t$ 평면의 4점 음해차분형태로 나타내면 식 (8)과 같다.

$$\frac{(1 - W_i)(A_D - A_B) + (A_C - A_B) \frac{\Delta t}{L}}{(1 - W_x)(Q_B - Q_A) + W_x(Q_C - Q_D)} = 0 \tag{8}$$

이때 Q 는 유출량, A 는 관단면적, L 은 관로길이, W_i 는 하류단에서의 시간가중인자, W_x 는 각 시간 말단에서의 공간가중인자 및 첨자 A, B, C, D 는 유한격자의 4개 격점을 표시한다.

3. 도시화에 따른 홍수유출 분석

도시화에 따른 유출변화 특성을 파악하기 위하여 최근에 급속히 도시화가 진행된 대구광역시 수성구에 위치한 범어천유역을 Fig. 1과 같이 선정하였으며, 도시화 전·후의 지형특성 인자로 부터 모델의 매개변수를 추정하고 지형특성의 변화가 유출에 미치는 영향을 분석하였다.

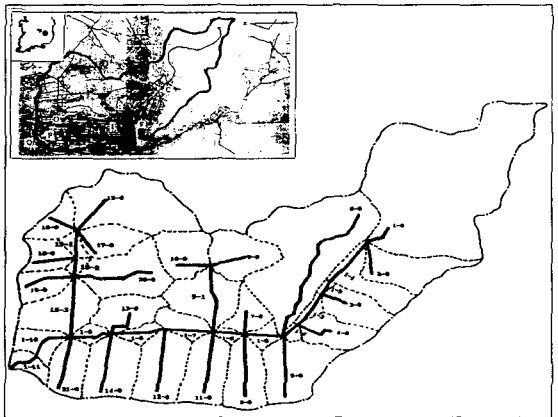


Fig. 1. Location map of Study Area

3.1. 대상유역의 시스템구성

유출시스템의 구성은 Fig. 2와 같이 범어천 분류를 기준으로 분류하도(A-B-C-D-E-F-G-I-J-K-O-P-Q Line)와 H-I Line 및 L-M-N-O Line 등의 지류하도로 구성하였으며, 이들 각 배수 Line은 간선 배수로로서 원래는 개거부였으나 유역이 도시화되면서 극히 일부를 제외하고는 점차 도로암거 또는 복개도로로 이용되고 있는 실정이다.

다음으로, 배수시스템 내에서 각 배수로에 유입하는 21개 소유역(1-0~21-0)과 소하도유역은 분류된 11개 소하도유역(1-1~1-11), H-I Line의 소하도유역(9-1) 및 L-M-N-O Line의 소하도유역(15-1~15-3)으로 분할하여 21개 소유역과 15개 소하도유역으로 구성하였으며, 소유역별 유출량은 하도추적을 통하여 하류로 유하하게 된다.

3.2. 도시화 전·후의 지형인자 분석

범어천유역의 도시화 전·후의 지형인자는 유역의 토지이용상태별 면적 및 면적비를 조사하였으며, 특히 모형들의 적용을 위하여 지표처리상태에 따른 면적 및 면적비를 Table 1과 같이 녹지지역과 포장지역으로 구분하여 조사 분석함으로써 도시화에 따른 홍수유출특성을

분석하였고 Fig. 1에 각 분석지점인 지산새마을교(C), 두산오거리(F), 황금사거리(I), 범어교(O), 청구로암거(P) 및 범어천하구(Q)지점을 도시하였다. 여기서, 범어천유역의 총 유역면적은 27.30km², 유로연장은 약 12km인 소하천 유역으로써 도상검토는 축척 1/5,000 지형도와 도시계획도를 이용하여 지형특성, 토지이용상태, 하천수계의 구성 및 배수계통 등을 도상에서 점검하였으며, 범어천 하천정비기본계획 보고서,¹¹⁾ 범어천 복개공사실시계획 종합보고서¹²⁾등을 수집하여 조사 검토하였다. 도시화 전·후에 따른 면적구성에서 큰 변화를 나타내는 지역은 주로 유역의 상류부인 지산·범물지구와 지류유역인 만촌천지구로 나눌 수 있다. 범어천 하류부의 홍수소통에 영향을 미치는 하천시설물은 범어천 상류에 위치한 새마을교(C) 및 하구지점의 청구로 암거(P) 등이며 범어천

Table 1. Geographical Factor of Bumuh-chun

Use No.	Paddy (km ²)		Channel (km ²)		House (km ²)		Paved Area (km ²)		Forest (km ²)		Length (Km)	Slope	Arca (km ²)	Remark
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II				
1-0	0.480	0.030	0.198	0.088	0.022	0.257	0.015	0.584	6.815	6.571	5.610	0.0636	7.530	
2-0	0.129	0.009	0.100	0.040	0.010	0.220	0.005	0.090	0.696	0.581	1.350	0.0825	0.940	
1-1	0.230	-	0.305	0.220	0.011	0.450	0.007	0.400	0.689	0.340	1.150	0.0113	1.410	C
1-2	0.051	-	0.010	0.008	0.005	0.051	0.002	0.009	-	-	0.310	0.0145	0.060	
3-0	0.250	-	0.001	0.005	0.035	0.400	0.007	0.050	0.452	0.295	1.420	0.0126	0.750	
1-3	0.250	-	0.008	-	0.002	0.265	0.004	0.005	0.006	-	0.800	0.0116	0.270	
4-0	0.240	-	0.021	0.014	0.012	0.400	0.010	0.060	0.417	0.226	1.150	0.0362	0.700	
1-4	0.129	-	0.004	-	0.030	0.100	0.007	0.070	0.030	0.030	0.200	0.0167	0.200	F
5-0	-	-	0.020	0.020	0.500	0.500	0.080	0.080	0.620	0.620	1.200	0.0219	1.220	
6-0	0.220	0.010	0.011	0.002	0.045	0.500	0.023	0.060	0.641	0.368	1.600	0.0193	0.940	
1-5	-	-	0.030	0.030	0.070	0.070	0.070	0.070	-	-	0.570	0.0067	0.170	
7-0	-	-	-	-	0.300	0.300	0.020	0.020	0.100	0.100	1.080	0.0348	0.420	
8-0	-	-	-	-	0.500	0.500	0.070	0.070	-	-	1.200	0.0049	0.570	
1-6	-	-	0.032	0.032	0.068	0.068	0.030	0.030	-	-	0.560	0.0153	0.130	I
9-0	-	-	-	-	0.060	0.060	0.008	0.030	0.772	0.750	0.950	0.0752	0.840	
10-0	-	-	-	-	0.300	0.300	0.040	0.040	0.320	0.320	0.630	0.0615	0.660	
9-1	-	-	0.005	0.005	0.410	0.410	0.030	0.030	0.415	0.415	1.430	0.0342	0.920	
11-0	-	-	-	-	0.390	0.390	0.190	0.190	-	-	1.200	0.0084	0.580	
1-7	-	-	0.049	0.049	0.200	0.200	0.051	0.051	-	-	0.670	0.0073	0.300	
12-0	-	-	-	-	0.586	0.586	0.120	0.120	-	-	1.300	0.0035	0.720	
1-8	-	-	-	-	0.099	0.099	0.090	0.090	-	-	1.000	0.0038	0.200	
13-0	-	-	0.001	0.001	0.029	0.029	0.080	0.080	0.119	0.119	0.980	0.0537	0.500	
14-0	-	-	0.014	0.014	0.416	0.416	0.080	0.080	0.036	0.036	1.100	0.0038	0.560	
1-9	-	-	-	-	0.111	0.111	0.070	0.070	-	-	0.600	0.0047	0.190	O
15-0	-	-	-	-	0.800	0.800	0.027	0.050	1.673	1.650	1.800	0.0073	2.500	
16-0	-	-	-	-	0.150	0.150	0.040	0.040	0.160	0.160	0.600	0.0143	0.350	
17-0	-	-	-	-	0.140	0.140	0.030	0.030	0.030	0.030	0.600	0.0110	0.200	
15-1	-	-	-	-	0.050	0.050	0.030	0.030	-	-	0.300	0.0057	0.080	
18-0	-	-	-	-	0.200	0.200	0.060	0.060	-	-	0.710	0.0138	0.270	
15-2	-	-	-	-	0.040	0.040	0.010	0.010	-	-	0.410	0.0034	0.050	
19-0	-	-	-	-	0.065	0.065	0.040	0.040	-	-	0.380	0.0355	0.110	
20-0	-	-	-	-	0.490	0.490	0.120	0.120	0.480	0.480	0.920	0.0308	1.090	
15-3	-	-	0.014	0.014	0.334	0.334	0.136	0.136	0.046	0.046	1.250	0.0072	0.530	
21-0	-	-	-	-	0.315	0.315	0.215	0.215	-	-	0.720	0.0042	0.530	
1-10	-	-	-	-	0.350	0.350	0.190	0.190	-	-	0.800	0.0069	0.540	P
1-11	-	-	0.019	0.019	0.181	0.181	0.070	0.070	-	-	0.600	0.0030	0.270	Q

I : Past Area, II : Present Area

중·상류에서 복개중인 하천복개도로의 제원은 폭 6.0m × 높이 3.3m × 3련인 연속암거 단면인데 반하여 그 하류부에 위치하여 범어천을 횡단하고 있는 청구로 암거는 폭 6.0m × 높이 2.5m × 3련의 연속암거이다.

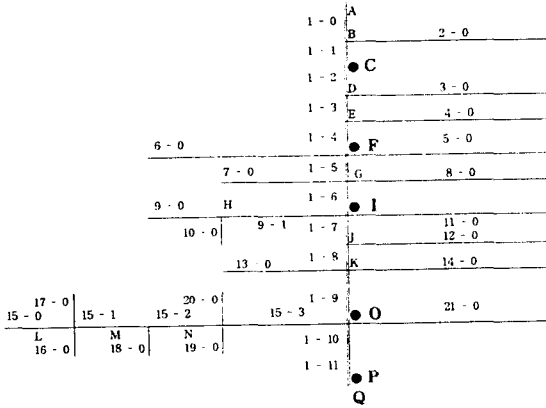


Fig. 2. Runoff System of Bumuh-chun Basin.

3.3. 확률강우량 및 강우강도

본 연구에서 확률강우량 자료는 대상유역에서 가장 가까운 관측지점인 대구측후소(1960~1997)의 호우사상으로 부터 각 지속기간별 최대치를 정리하고 이를 기본자료로 빈도해석과 적합성 검정을 통해 적정확률분포형을 선정하여 이에 따른 재현기간별 확률강우량을 산정하였다. Table 2는 각 지속기간별 확률강우량을 나타내고 있으며 지속기간-확률강우강도의 관계는 Fig. 3과 같고 t 는 지속기간(min), T 는 재현기간(year)을 나타낸다. 한편, 본 연구에서 채택된 다항식은 3차곡선으로 대상유역의 관측기록을 사용한 각 확률에 따른 다항식계수는 Table 3과 같다. 관측기간 38년 동안의 각 Huff별 분기를 보면 1, 2, 3 및 4분기가 각각 13%, 21%, 40%, 26%로써 40%가 3분기에 속하는 것으로 분석되어 강우의 시간적 분포는 Huff에 의한 3분위법을 사용하였다.

Table 2. Probability Rainfall for Duration and Return Period Analysis in Bumuh-chun

(Unit : mm)

T(year)	t(min)								
	30	60	120	180	240	360	480	720	1440
2.33	22.3	33.3	49.7	62.8	74.1	93.7	110.7	139.9	208.9
5	26.9	40.1	59.8	75.6	89.3	112.9	133.4	168.6	251.6
10	31.8	47.5	70.9	89.6	105.8	133.7	157.9	199.6	298.0
20	37.7	56.2	83.9	106.1	125.3	158.4	187.0	236.4	352.9
30	41.6	62.1	92.7	117.1	138.3	174.8	206.5	261.0	389.6
50	47.1	70.3	105.0	132.7	156.7	198.1	233.9	295.7	441.3
80	52.8	78.9	117.7	148.8	175.7	222.1	262.3	331.6	495.0
100	55.8	83.3	124.3	157.1	185.5	234.5	277.0	350.1	522.7
150	61.6	91.9	137.2	173.5	204.8	258.9	305.8	386.5	577.0
200	66.1	98.6	147.2	186.1	219.7	277.8	328.0	414.6	619.0

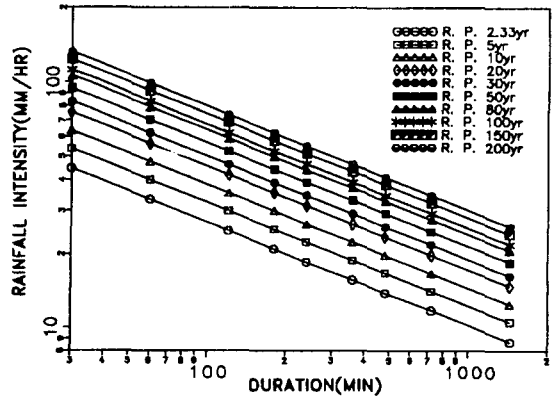


Fig. 3. Relation of Duration Period and Probability Rainfall Intensity.

Table 3. Polynomial Coefficients for Each Probability

Dist.	Prob.	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
		C0	-0.0150	0.0345	0.0688	0.0928	0.1104	0.1199	0.1265	0.1300
1st	C1	-2.7500	3.2773	3.6623	3.9649	4.2121	4.2325	4.1164	4.1555	4.5799
	C2	-7.3594	-7.6905	-7.9961	-8.3464	-8.7085	-8.4416	-7.7580	-7.4860	-8.2520
	C3	5.4931	5.3021	5.2250	5.2714	5.3840	5.1037	4.5518	4.2493	4.5812
2st	C0	-0.0658	-0.0410	0.0007	0.0544	0.1013	0.1330	0.1546	0.1638	0.1811
	C1	1.7233	2.1193	2.4833	3.2354	3.8613	4.3201	4.6361	4.7172	4.9902
	C2	-5.7604	-6.0040	-5.9340	-6.8680	-7.6416	-8.3229	-8.8038	-8.6966	-9.2827
3st	C0	4.9442	4.7893	4.3668	4.5432	4.6866	4.9090	5.0634	4.8802	5.1848
	C1	-0.0452	-0.0537	0.0426	-0.0192	0.0023	0.0595	0.1162	0.1692	0.1877
	C2	1.2217	1.7837	1.8375	2.3926	2.6869	3.3855	3.9850	4.5389	5.1563
4st	C0	-4.4415	-5.4640	-5.2665	-6.2280	-6.5676	-7.2519	-7.6087	-7.9114	-9.7245
	C1	4.1905	4.5938	4.3487	4.7408	4.7845	4.7705	4.5344	4.2920	5.4528
	C2	-0.0658	-0.0665	-0.0468	-0.0348	-0.0217	-0.0063	0.0183	0.0553	0.1176
4st	C1	1.7899	1.8301	1.9887	1.7841	1.8000	2.1839	2.5634	3.0774	3.9505
	C2	-5.8694	-5.6571	-5.8202	-4.8991	-4.5595	-5.2042	-5.6736	-6.2813	-7.4315
	C3	4.9828	4.7357	4.7285	4.0442	3.6986	3.9495	4.0359	4.1286	4.3956

3.4. 도시화 전·후의 홍수유출특성 분석

본 연구에서는 도시화로 인한 포장지역의 면적비가 증가함에 따른 도시화 전·후의 유출특성의 변화를 파악하기 위해 각각의 지형인자를 추정하고 이로부터 실제호우 및 확률강우량을 적용하여 도시화 전·후의 주요지점별 확률홍수량을 산정하였다.

본 분석을 위해 모형들에 적용시킨 최종매개변수는 유출량에 큰 영향을 미치는 인자 중 초기손실량의 경우 녹지지역(투수지역)과 포장지역(불투수지역)에 대해 5.0mm 및 2.5mm, 조도계수의 경우 불투수지역의 하수관거가 대부분 콘크리트로 되어 있으므로 콘크리트관의 조도계수인 0.013과 투수지역의 자연하천수로인 경우 0.030~0.055범위를 적용하였다. 또한, 침투능의 경우 초기 침투능(mm/hr)은 175.50, 중기 침투능(mm/hr)은 10.50로 하여 Horton 식을 사용하였다.

한편, 분석유역에 대해 이러한 최종매개변수의 결과를 토대로 모형들을 이용한 도시화 전·후(1993년 전·후)의 홍수유출특성 변화를 파악하기 위하여 실제호우를 대

상으로 분석을 실시하였으며, 홍수유출수문곡선의 변화는 다음의 Fig. 4(a)~(b)와 같이 나타났다. 분석 결과에서 도시화 전·후에 따른 홍수유출수문곡선은 도시화가 진행됨에 따라 첨두홍수량은 증가하고 첨두홍수 발생시간도 빨라지는 것을 알 수 있다.

에서만 포장지역의 면적비가 증가한 것으로 나타났다. 또한 홍수량 산정지점별 포장면적의 증가량은 F지점에서 3.038km², I지점과 O지점은 3.530 및 3.552km²가 증가한 것으로 분석되었고 P지점에서는 3.575km², Q지점에서는 3.764km²로 나타났다.

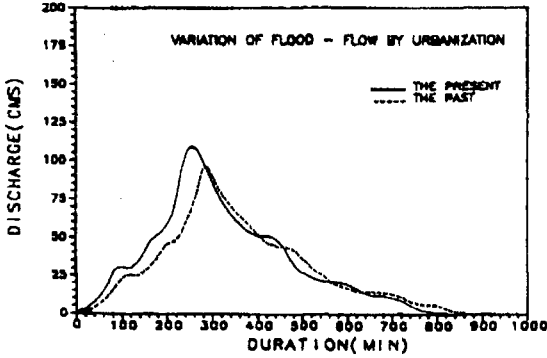
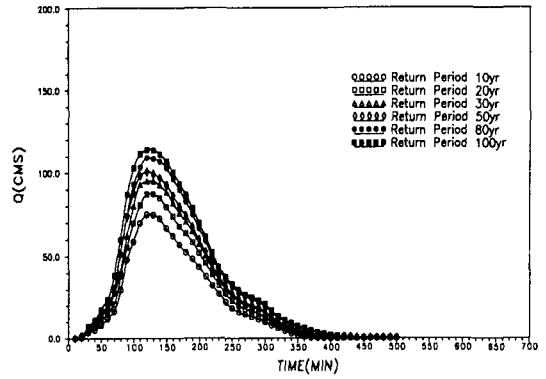


Fig. 4(a). Variation of Peak Discharge from Actual Rainfall(1994. 7. 23).



Past

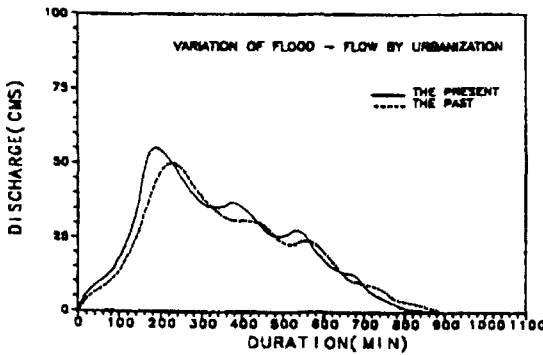
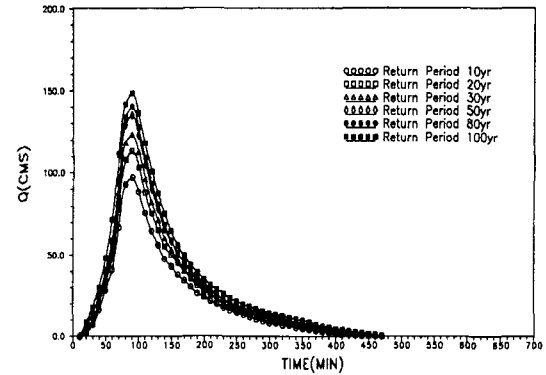


Fig. 4(b). Variation of Peak Discharge from Actual Rainfall(1996. 9. 16).



Present

Fig. 5. Variation of Peak Discharge from Probable Rainfall.

확률홍수량에 대한 도시화 전·후에서 최하류지점(Q)에 대한 수문곡선은 Fig. 5와 같으며 산정지점에 대하여 계산된 포장면적비의 증가량(ΔA)과 홍수도달시간의 변화량(Δt) 및 각 확률년별 첨두홍수량의 변화량(ΔQ)을 분석한 결과는 Table 4와 같이 나타났다. 먼저, 지형인자의 분석결과 포장지역의 면적비가 크게 증가한 지역은 대상유역의 상류부인 F지점으로 나타났고 유역의 중·하류부에서는 소유역 9-0 및 15-0 지역

다음으로, 각 지점별 홍수도달시간을 분석한 결과 도시화 전보다 F지점에서는 약 20분, Q지점에서는 약 25분 정도 빠르게 나타났으며, 이러한 결과는 유역의 상류부에서 급격히 증가한 포장면적으로 인한 도달시간의 변화량이 유역의 최하류부에 까지 영향을 미친 것으로 판단된다.

Table 4. Analysis of Peak Discharge Difference in Bumuh-chun Basin

No.	Rate of Urbanization(%)		$\Delta A(km^2)$	$\Delta Q(CMS)$					
	Past	Present		T(10yr)	T(20yr)	T(30yr)	T(50yr)	T(80yr)	T(100yr)
C	2.62	20.25	1.742	9.5	10.9	11.8	12.8	13.7	14.3
F	3.15	28.76	3.038	15.2	17.5	18.9	20.4	21.9	22.9
I	14.04	37.09	3.530	18.7	21.6	23.3	25.1	27.0	28.2
O	26.51	43.60	3.552	20.0	23.1	25.0	26.9	28.9	30.2
P	34.56	47.78	3.575	22.6	26.0	28.1	30.3	32.6	34.1
Q	35.14	48.23	3.764	23.4	26.8	28.7	30.8	33.7	35.2

마지막으로, Fig. 5에 도시한 바와 같이 침투홍수량의 비교결과 F지점의 각 확률년별 홍수량의 변화는 약 10~15CMS로 나타났으며 I지점에서는 15~23CMS, Q지점에서는 24~36CMS로 분석되었다. 또한 Table 4에 제시된 바와 같이 확률년이 증가할수록 침투홍수량의 변화량도 증가하였는데 유역 전체 포장면적 증가량의 대부분을 이루고 있는 유역 상류부에 대한 영향이 최하류부까지 미쳐 지속적인 침투홍수량 증가를 발생시키는 것으로 분석되었다. 다음의 Table 5에는 범어천 최하류부에 있어 도시화 전·후에 따른 침투홍수량 및 총유출량을 나타내었다. 이러한 결과에서 볼 때, 도시유역의 내수배제시스템 설계시 장래의 도시화에 따른 설계홍수량의 충분한 검토가 필요함을 알 수 있다.

Table 5. Results of Runoff Analysis in Bumuh-chun Basin

Dist.	Period	Return Period					
		10	20	30	50	80	100
Q _p (CMS)	Present	98.62	113.41	122.48	132.12	140.05	148.45
	Past	75.22	86.65	93.79	101.29	106.35	113.25
Q _t (m ³)	Present	829,100	953,500	1,029,700	1,110,800	1,177,400	1,248,100
	Past	630,100	725,900	782,500	845,100	895,000	950,500

3.5. 임계지속시간 분석

강우분포에 따른 유출영향을 파악하고 유역의 적정 강우지속시간을 산정하기 위해서 지속시간에 따른 침투 유출량의 변화양상을 임계지속시간으로 분석하였으며 Huff 3분위에 대한 결과는 Fig. 6과 같다. 침투유출량의 변화결과를 살펴보면 재현기간 20년의 경우 지속시간 30, 60, 90, 120, 150 및 180분에 대하여 침투유량이 91.26, 103.03, 113.41, 105.76, 98.47 및 91.85CMS이며 재현기간 50년의 경우 지속시간 30, 60, 90, 120, 150 및 180분에 대하여 침투유량이 110.01, 122.47, 132.12, 124.58, 117.49 및 110.28CMS로서 범어천유역에 있어 지속시간 변화에 따른 침투유출량의 최대값이 90분 전후에서 나타나고 있어 지형인자를 이용한 경험공식에 산정된 90여분의 도달시간과 잘 일치하는 것으로 분석되었으며 이는 범어천 유역의 임계지속시간으로 볼 수 있다. 그러나 유역의 지형인자를 이용하여 경험공식에 의한 도달시간을 강우지속시간으로 가정하여 유출해석을 실시하는 한계는 극복되어야 하고 유역의 유출특성 파악과 동시에 적정 강우지속시간으로 임계지속시간을 동시에 산정하여 고려하는 것이 합리적일 것이라 판단된다.

4. 결론

도시화된 하천유역에서 지형의 급속한 변화가 하천의 유출특성에 미치는 영향을 규명하고자 대구시 수성구에 위치하고 있는 범어천유역을 대상으로 SWMM의 매개변수의 추정 및 각 지점별 도시화전·후의 지형인자의 변화에 따른 유출특성의 변화를 비교 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

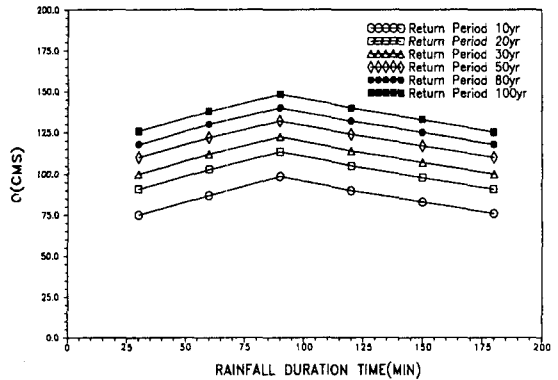


Fig. 6. Peak Discharge Variation in Bumuh-chun Basin.

1) 범어천유역의 강우특성분석을 위하여 Huff의 4분위법을 이용하여 분석한 결과 Huff 3분위법이 가장 적절한 분포형으로 분석되었다.

2) 대상유역에서 강우의 지속시간변화에 따른 침투유출량을 산정한 결과 적정 강우지속시간은 유역의 도달시간과 임계지속시간을 선정하여 상호 비교를 통해 결정하였으며 범어천유역의 재현기간별 최대홍수량을 발생시키는 강우지속시간은 90분 전후인 것으로 나타났다.

3) 지점별 홍수도달시간을 비교한 결과는 도시화 전보다 도시화 후에 약 20~25분 빠르게 나타나 유역의 상류부에서 불투수지역의 급격한 증가로 도달시간의 변화가 유역의 최하류부까지 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

따라서, 도시하천의 상하수도 설계 및 하도변경 설계 등을 위한 지표수의 종합적인 관리를 위해서는 도시화에 따른 지형인자의 변화를 고려하여 설계홍수량을 산정하여야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 경산대학교 기린연구비의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) Terstriep, M. L. and J. B. Stall, 1974, The Illinois Urban Drainage Area Simulator-ILLUDAS, Bulletin 58, State Wat. Surv., Urbana, Illin.
- 2) Huber, W. C. and R. E. Dickinson, 1988, Storm Water Management Model Version 4.0, Part A : User's manual, EPA/600/3-88/001a, Envir. Protection Agency.
- 3) 윤용남, 전병호, 이종래, 1992, 도시홍수 재해방지를 위한 내수처리 시스템분석 및 설계기법의 개발, 연구보고서, KOSEF 90-0700-05, 한국과학재단.
- 4) 서병하, 김남원, 1989, 지역별 설계강우의 시간적분포, 연구보고서, 89-WR-111, 한국건설기술연구원.
- 5) 서병하, 전병호, 이종래, 김형우, 1989, 도시소규모 단

- 지의 우수유출량 산정기법에 관한 연구, 연구보고서, 한국토지개발공사.
- 6) 서규우, 박문형, 이동진, 조원철, 1997, 도시화유역에서의 강우특성변화에 따른 유출영향분석, '97년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 244~249.
 - 7) 서규우, 배덕효, 심재현, 이재준, 1996, 유역개발에 따른 도시하천에서의 유출량 및 도달시간변화에 관한 연구, 한국수자원학회지, 29(3), 207~216.
 - 8) 이영화 ; 도시하천유역의 유지용수 산정에 관한 연구, 한국환경과학회지, 제 5권 제 3호, 1996.
 - 9) 이영화, 지홍기 ; 도시환경에서의 지표수 및 지하수 관리, 건설교통부, 국제수문개발계획(IHP) 연구보고서, 1996.
 - 10) 최운영, 지홍기 ; 도시화로 인한 유출특성에 관한 연구, 영남대학교 공업기술연구소, 제 16권 제 4호, 1997.
 - 11) 대구시 : 범어천 하천정비기본계획 보고서, 1993, 2.
 - 12) 대구시 : 범어천 복개공사실시설계 종합보고서, 1995, 3.