

강우조건이 ILLUDAS 모형 매개변수의 민감도에 미치는 영향 분석

Sensitivity Analysis of ILLUDAS Model Parameters Based on Rainfall Conditions

이종태* · 김태화

Lee, Jong Tae · Kim, Tae Hwa

경기대학교 수공학연구소

(2004년 9월 6일 논문접수; 2004년 12월 6일 최종수정논문 채택)

Abstract

In this study, we analyzed the sensitivity of parameters which affect the result of ILLUDAS model, in the various rainfall conditions. The three basins including Namgaja, Kings creek, Gray haven were selected for this research. The rainfall conditions are considered in terms of the rainfall frequency, the duration and the distribution. In most cases, the impermeability area ratio, the sewer slope, and the sewer roughness coefficient give more significant effects on the results than others. The results show that as increasing the rainfall frequency, the sensitivity of the parameters, sewer slope and roughness coefficient are risen, while the impermeability area ratio is decreasing. And also, for the duration of rainfall, the impermeability area ratio's sensitivity shows similar tendency. In case of the rainfall distribution, the parameters of the sewer roughness and the impermeability area ratio show more sensitive in Huff distribution. Especially, The impermeability area ratio is the most sensitive parameter in Central blocking and Yen & Chow distributions respectively.

Key words: Sensitivity, ILLUDAS, Rainfall Frequency, Duration, Distribution

주제어: 민감도, ILLUDAS, 강우규모, 강우지속시간, 강우분포

1. 서 론

최근 우리나라 도시하천 유역은 인구밀집으로 인한 토지이용의 고도화와 예측하기 힘든 국지성 집중 호우 등으로 재해위험도가 증가되고 있는 추세이며,

이에 대응하는 배수체계의 강화를 위한 계획 및 설계에서는 적절한 유출모형의 선택과 적용이 매우 중요하다. 즉, 다양한 강우조건 및 유역인자들을 고려한 배수구역의 유출특성을 분석함에 앞서서, 모형에 사용되는 주요 매개변수들의 적정치 선정과 이들 값이 계산 결과치에 주는 민감도를 미리 검토해 두는 것은

*Corresponding author Tel: +82-2-390-5194, FAX: +82-2-393-8424, E-mail: jtleee@kyonggi.ac.kr (Lee, J.T.)

매우 긴요하다.

도시유출모형의 민감도 분석에 관해서 Nix(1994)는 SWMM 모형에 대하여 매개변수의 보정에 앞서 민감도 분석결과를 제시한 바 있으며, 이종태(1997)는 SWMM 모형을 대상으로 유출 및 수질 매개변수들의 민감도분석을 한 결과 불투수면적이 침투유출량 및 유출제체에 가장 큰 영향을 줌을 확인하였다. 서규우(1998)는 RRL, ILLUDAS, SWMM, USRM 모형에 대하여 유역면적의 크기 및 강우분포형과 강우지속기간별로 총유출량비, 침투유출량비로서 민감도비를 산정하고 분석하였다. 또한, 채석준과 이정규(2000)는 ILLUDAS와 SWMM에 관하여 유역면적의 크기와 강우지속기간 및 강우분포형에 대한 민감도 분석을 통하여 미계측 도시유역에서의 강우유출모형의 적합성을 검토하였다

기존 도시유출모형 중 합리식 및 RRL 모형은 입력자료의 구성이 간편하나 입력자의 주관에 따라 결과치의 신뢰성에 차이가 있으며, SWMM 모형은 결과치의 적정성은 좋으나 입력자료의 구성에 복잡한 면이 있다. 따라서, 이 연구에서는 대상 배수구역의 규모 및 입력자료의 구성 난이도, 결과치의 적정성등을 고려하여 실무에서 널리 사용되고 있는 ILLUDAS 모형(Terstrie & Stall, 1974)을 대상으로 주요매개변수에 대한 민감도를 분석, 연구함으로써 이 모형의 적용성 향상에 기여코자 하였다.

이 연구에서는 기존의 연구성과들을 근거로 하면서 각종 강우조건에 따른 보다 다양한 매개변수들의 민감도 변화특성을 중점적으로 검토 분석하였다. 즉, 강우조건으로서 강우규모의 영향을 추가하였으며, 매개변수들을 유효강우·지표면유출·관로 등으로 분류하여 검토함으로써 유출모형의 입력자료 구성시 사용자들의 매개변수 결정에 대한 판단이 용이하도록 하였다.

2. 배수구역 및 강우조건

2.1. 배수구역

이 연구에서는 비교적 유역의 규모와 지형특성이 상이한 배수구역들을 선택함으로써 가능한 연구검토 결과의 일반성을 유지하려고 노력하였다. 적용 대상 유역으로는 비교적 관측치가 양호하다고 판단되는 남

가좌, Kings Creek, Gray Haven 배수구역 등을 선정하였다.

남가좌 배수구역은 서울 홍제천 유역내에 위치하고 있으며, 유역면적은 약 0.203km²로서, 주거지와 상업지가 밀집한 중·하류부의 완경사 지역과 산지로 형성된 급경사 지역으로 구성되어 있다. 불투수면적 비율은 약 50%에 달하며 토양형은 대부분 A, B형으로 구성되어 있는 배수구역이다(강태호, 1997). 이 배수구역 하수도의 주요간선은 암거(1.3 × 1.3m)로서 산지부에서부터 홍제천 합류점까지 연결되어 있으며 지선들은 원형관(Φ0.3~0.8m)으로서 주택가와 상가지역을 통과하여 간선 하수도와 연결되는 합류식 배수관망구조를 가지고 있다(Fig. 1a; Table 1).

Kings Creek 배수구역은 미국 Florida주 Dade지역에 위치하며, 토지이용현황은 대부분 아파트지역으로 구성되어 있고 토양형의 대부분은 C형에 속한다. 유역면적은 약 0.059km², 불투수면적 비율은 약 70%이며, 나머지 투수지역은 잔디와 초목으로 구성되어 있는 완경사의 도시배수구역이다(Maksimovic, 1986). 배수관거의 경우 주요간선관거는 직경 0.3~1.2m의 원형관으로서 구성되어 있다(Fig. 1b; Table 1).

한편, Gray Haven 배수구역은 미국 Maryland주 Baltimore지역에 위치하며, 대부분 아파트지역으로 구성되어 있고, 토양형은 대부분 C형에 속하며, 유역면적은 약 0.094km², 불투수면적 비율은 약 52%이다(Maksimovic, 1986). 이 배수구역은 비교적 도시정비가 잘 이루어져 있으며 주요간선관거는 직경 0.5~1.2m의 원형관들이 직선형으로 배열되어 있어 유역 폭 산정 및 투수, 불투수지역 구분이 명확한 편이다(Fig. 1c; Table 1).

2.2. 적용강우

본 연구에서는 강우특성에 따른 민감도 분석을 위하여 모형에 적용하는 강우를 강우규모(5, 10, 20, 30년), 강우지속시간(30분, 1, 2, 3, 6시간), 강우분포(Huff-1~4분위, 중앙집중블록킹법, Yen-Chow법) 등으로 각각 구분하였다.

재현기간 5, 10, 20, 30년에 대한 지속시간별 강우량은 배수구역의 위치에 따라 다르나 강우특성에 따른 매개변수의 일관성있는 민감도를 비교하기 위하여 서울지방 확률강우강도식(서울시, 2001)을 동일하게

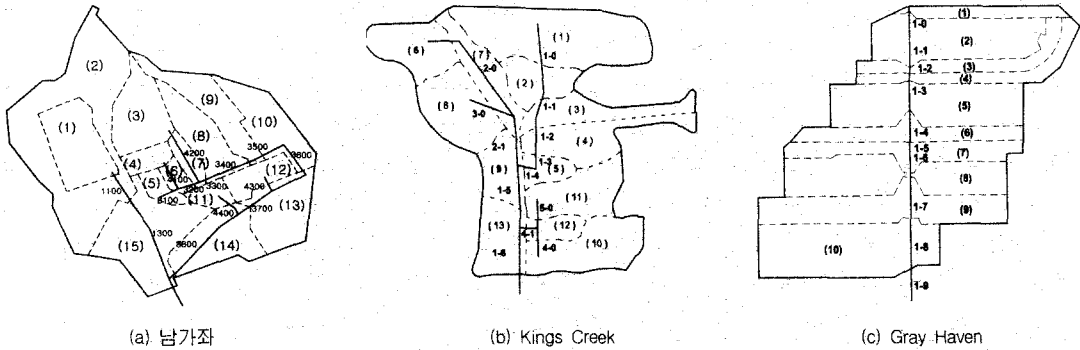


Fig. 1. 적용대상 배수구역.

Table 1. 배수구역 현황

배수 구역	면적(km ²)	위 치	불투수 면적비율(%)	유역경사(%)	토양형	토지이용
남가좌	0.203	서울시 서대문구	50	20.00	A, B	산지 및 주거·상가 복합지역
Kings Creek	0.059	미국 Florida주 Dade지역	70	0.63	C	아파트 및 녹지
Gray Haven	0.094	미국 Maryland 주 Baltimore지역	52	1.00	C	아파트 및 녹지

Table 2. 강우규모·지속시간별 강우량(단위: mm)

지속시간	재현기간			
	5년	10년	20년	30년
30분	36.8	45.1	53.5	58.5
1시간	53.5	66.0	78.7	86.1
2시간	76.7	95.3	114.0	125.0
3시간	88.6	110.5	132.5	145.4
6시간	131.6	165.8	200.1	220.2

이용하였다(Table 2).

검토대상 배수구역들에서의 도달시간은 모두 30분 전·후이며, 또한 평균 임계지속시간도 약 30분으로 분석되었다. 따라서 검토대상 강우지속시간을 최소 0.5시간으로 하고, 1시간, 2시간, 3시간, 6시간 등 일 때 강우 규모별, 강우분포를 구성하였다(Fig. 2).

감도 분석을 위해서는 먼저 주요매개변수들이 사용되는 계산과정에 대한 검토가 필요하다.

이 연구에서는 모형에서 사용되는 주요매개변수들을 유효강우량, 지표면유출, 우수관로 등으로 크게 분류하였으며, 그 물리적 특성들을 다음과 같이 각각 정리하였다.

3. 해석모형과 주요매개변수

3.1. 유효강우량 관련 매개변수

모형의 주요 매개변수들이 계산결과치에 주는 민

영향, 선행토양함수조건 등을 고려하게 되며, 투수 및

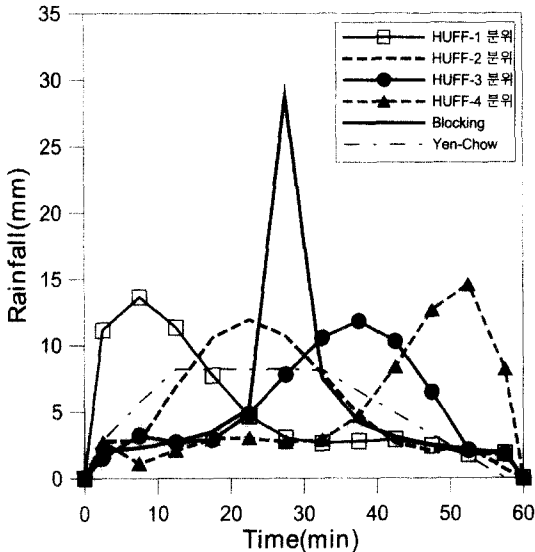


Fig. 2. 강우분포형에 따른 우량추상도(10년, 1시간).

불투수지역에서의 강우손실량 산정을 위한 주요매개변수 및 계산과정들을 요약하면 다음과 같다.

3.1.1. 불투수지역 손실량

불투수지역의 초기손실량은 2.54mm를 기본값으로 제시하고 있으나, 일괄적으로 모든 유역에 적용하는 데는 한계가 있으므로 유역특성을 고려하여 증감이 필요한 경우가 있다. 불투수지역에서는 초기손실을 고려하여 유효강우량을 결정한 후 시간-면적곡선으로부터 유출수문곡선을 계산한다.

3.1.2. 투수지역 손실량

투수지역의 초기손실량은 5.08mm를 기본값으로 제시하고 있으나, 유역별 식생, 토양 및 선행강우 등의 조건에 따라 큰 차이가 발생할 수 있다(Table 3). 토양의 종류 및 시간에 따른 침투율의 산정에서는 Horton식을 근거로 하여 Chow가 제안한 침투능 곡선식을 채택하고 있다(식 (1)).

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt} \tag{1}$$

여기서, f 는 임의시각 침투율(mm/hr), f_0 는 초기침투율(mm/hr), f_c 는 종기침투율(mm/hr), k 는 형상계수, t 는 강우 시작부터 경과된 시간(hr)이다.

3.2. 지표면 유출 관련 매개변수

지표면 유출 관련 주요 매개변수로는 투수 및 불투수지역 면적, 지면경사, 유로길이, 조도계수 등이 있으며 조도계수를 제외하고는 매개변수값 선택이 비교적 용이하다. 이들 주요매개변수들을 사용하여 계산하는 과정은 다음과 같다.

3.2.1. 불투수면적

BRRL법에 의해 지표면 유출량을 계산함에 있어 불투수면적은 유량에 일차적으로 영향을 준다(식 (2)).

$$Q_j = 0.2778 \times \sum_{i=1}^j I_i \times A_{j+1-i} \tag{2}$$

Table 3. 침투능곡선 계산을 위한 기본 계수값(Terstrieip and Stall, 1974)

구 분	SCS 토양형			
	A	B	C	D
종기 침투능 f_c (mm/hr)	25.4	12.7	6.4	2.5
초기 침투능 f_0 (mm/hr)	254	203	127	76
표면 저류(mm)	5	5	5	5
형상계수 k	2	2	2	2
초기토양	AMC 1(매우건조)	0	0	0
함수량(mm)	AMC 2(건조)	50.8	35.1	25.4
	AMC 3(습윤)	101.6	76.2	50.8
	AMC 4(포화)	152.4	101.6	76.2
				50.8

여기서 Q_j 는 시간별 유출량(m^3/s), I_i 는 우량주상도의 i 번째 시간구간의 강우강도(mm/hr), A_{j+1-i} 는 j 시간의 유역출구의 유출량에 기여하는 소배수구역들의 면적(km^2)이다.

3.2.2 불투수지역의 유로길이와 지면경사

불투수지역의 유로길이(L)는 포장지역을 거쳐 배수구역의 하류단으로 유입하는데 소요되는 지표면류의 도달시간 계산시 사용된다. 이때, 불투수지역의 지면경사는 불투수지역의 표면류의 유속, V_0 계산을 위한 매닝공식에 사용된다.

$$t_c = \frac{L}{60V_0} + 2.0 \quad (3)$$

여기서 t_c 는 도달시간(min), V_0 는 평균유속(m/sec), L 은 불투수지역 유로길이(m)이다.

3.2.3. 투수지역의 유로길이와 지면경사

투수지역의 지표면 도달시간 산정에는 Izzard공식(1946)이 사용된다(식 (4))

$$t_c = \frac{3.073(0.1778I + C)L^{0.3}}{S^{0.33}I^{0.67}} \quad (4)$$

여기서 I 는 강우강도(mm/hr)이며, C 는 지체상수(0.007~0.060), L 은 투수지역 유로길이(m), S 는 투수지역 지면경사이다.

3.3. 우수관로 관련 매개변수

관로와 관련된 주요 매개변수들은 관로의 길이, 경

사, 조도계수 등이 있으며, 민감도에 영향을 주는 주요매개변수는 관 조도계수와 경사이며 매닝공식으로부터 관의 통수능과 유출량에 직접적인 영향을 준다.

4. 강우조건에 따른 민감도의 변화 특성

강우조건에 따른 주요 매개변수들이 계산결과에 미치는 영향을 검토하기 위하여 본 연구에서는 강우 규모, 지속시간 및 분포에 따른 주요 매개변수들의 민감도 및 변화특성을 분석하였다. 이를 위하여 먼저, 실측치와의 검증을 통한 최적 매개변수 값을 결정하였으며, 이 값을 기준으로 10%씩 변화시켜 나가면서 최대 50%에서 최소 -50%까지 각 강우조건에 따른 민감도를 분석하였다(Table 4).

이때, 민감도, S_Q 는 각 매개변수의 기준값에 대한 변화폭(50%~-50%)내에서 산정된 첨두유출량의 최대값(Q_{pmax})에 대한 최소값(Q_{pmin})의 비로서 이 연구에서는 식 (5)와 같이 표현하였으며, 0에 가까운 값을 나타낼수록 모의치(첨두유량)의 변동폭은 작아지므로 민감도가 작아진다.

$$S_Q = 1 - (Q_{pmin} / Q_{pmax}) \quad (5)$$

4.1. 강우규모에 따른 민감도분석

각 배수구역의 강우규모, 5~30년의 모든 조건에서 전반적으로 불투수면적비, 관 조도계수 및 관 경사 등의 매개변수 민감도가 큰 것으로 나타났다.

강우규모의 변화에 대하여서는 강우규모가 증가될수록 불투수면적비의 민감도는 감소되었으며, 관 조

Table 4. 관측치에 대한 모의치의 검증

배수구역	유역면적 (km^2)	일 시	강우량 (mm)	강우 지속시간 (min)	구분	첨두유출량 (CMS)	유출체적 (m^3)
남가좌	0.203	97. 9. 2	24.50	245	실측치	0.60	1528.0
					모의치	0.70	1226.8
Kings Creek	0.059	77. 6. 4	10.73	20	실측치	0.39	242.0
					모의치	0.39	222.2
Gray Haven	0.094	63. 6.29	30.00	174	실측치	0.76	1244.3
					모의치	0.76	1243.6

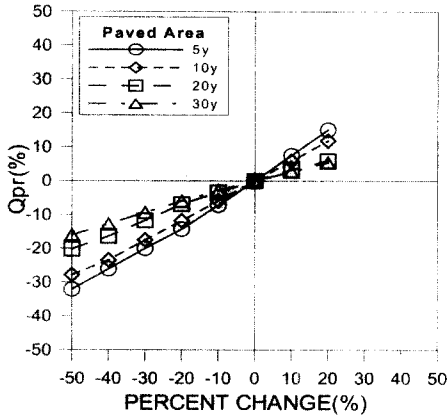


Fig. 3. 불투수면적비의 민감도(남가좌 유역/Huff-2, 1시간)

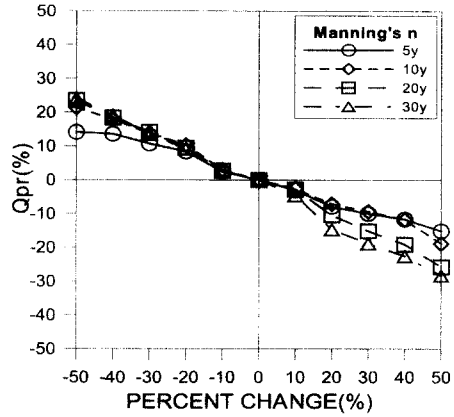


Fig. 4. 관 조도계수의 민감도(Kings Creek 유역/Huff-2, 1시간)

도계수 및 관 경사의 민감도는 증가되는 변화특성을 보였다(Fig. 3, 4; Table 5).

4.2. 강우지속시간에 따른 민감도분석

강우지속시간에 대한 민감도 분석결과 전반적으로 불투수면적비, 관 조도계수, 관 경사 등의 순서로 큰 민감도를 보였다.

한편, 강우지속시간의 변화에 대하여서는 지속시간이 길어질수록 불투수면적비가 계산결과치에 주는 영향이 감소되는 변화특성을 보였다. 그러나, 다른 매개변수들에서는 강우지속시간의 변화에 대하여서는 뚜렷한 변화특성을 발견할 수 없었다(Fig. 5, 6; Table 6).

4.3. 강우분포에 따른 민감도분석

다양한 강우분포의 조건에서 전반적으로 불투수면적비와 관 조도계수 등의 매개변수의 민감도가 큰 것으로 나타났다. 특히, 불투수면적비는 Huff 분포의 경우 제1분위에서 민감하게 반응하였으며, 관 조도계수 및 관 경사의 경우에는 제4분위에서 민감하게 반응함을 알 수 있었다. 또한 중앙집중블록킹 분포에서는 불투수면적비, 관 조도계수, 관 경사 등에서 민감도가 크게 나타났으며, Yen-Chow 분포에서는 불투수면적비가 특히 큰 민감도를 보였다(Fig. 7, 8).

Table 5. 강우규모와 민감도의 변화(Huff-2, 1시간)

매개변수	남가좌 배수구역				Kings Creek 배수구역				Gray Haven 배수구역				
	5년	10년	20년	30년	5년	10년	20년	30년	5년	10년	20년	30년	
유효 강우량													
불투수 초기손실	0.072	0.053	0.047	0.045	0.011	0.004	0.004	0.006	0.004	0.006	0.005	0.004	
투수 초기손실	0.121	0.108	0.055	0.041	0.020	0.014	0.012	0.013	0.050	0.041	0.035	0.033	
지표면 유출													
	불투수 면적비	0.510	0.433	0.302	0.244	0.394	0.358	0.313	0.271	0.516	0.496	0.476	0.432
	불투수 유로길이	0.002	0.008	0.005	0.005	0.005	0.000	0.005	0.007	0.004	0.005	0.006	0.005
	투수 유로길이	0.050	0.076	0.050	0.052	0.027	0.026	0.027	0.029	0.072	0.077	0.082	0.085
관로													
	불투수 지면경사	0.003	0.008	0.003	0.003	0.001	0.000	0.003	0.006	0.002	0.004	0.005	0.003
투수 지면경사	0.049	0.084	0.048	0.050	0.003	0.028	0.024	0.029	0.065	0.077	0.077	0.080	
관 경사													
	관 조도계수	0.010	0.078	0.192	0.223	0.156	0.161	0.190	0.229	0.004	0.006	0.057	0.132
관 조도계수	0.102	0.124	0.227	0.262	0.225	0.331	0.398	0.422	0.010	0.007	0.121	0.183	

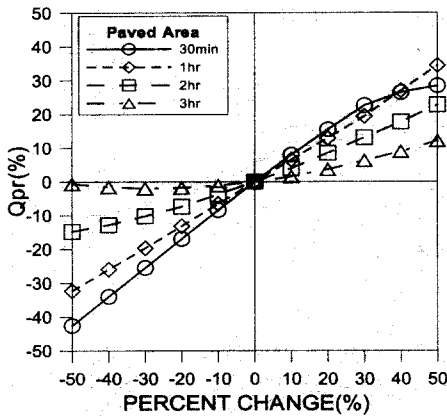


Fig. 5. 불투수면적비의 민감도(Gray Haven 유역/Huff-2, 10년).

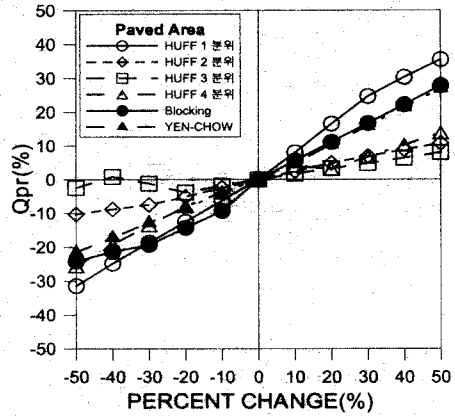


Fig. 7. 불투수면적비의 민감도(남가좌 유역/10년, 1시간).

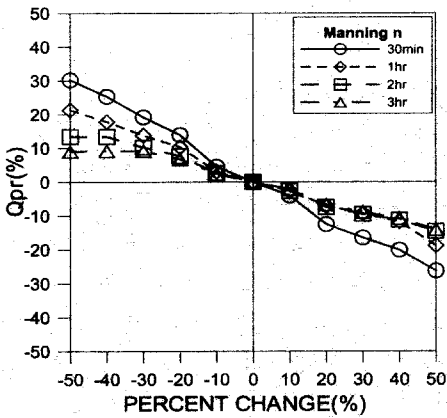


Fig. 6. 관 조도계수의 민감도(Kings Creek 유역/Huff-2, 10년).

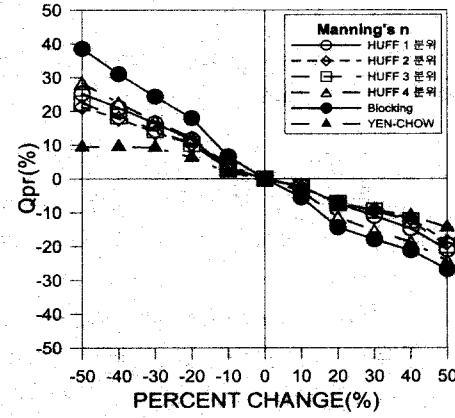


Fig. 8. 관 조도계수의 민감도(Kings Creek 유역/10년, 1시간).

Table 6. 강우지속시간과 따른 민감도의 변화(Huff-2, 10년)

매개변수		남가좌 배수구역				Kings Creek 배수구역				Gray Haven 배수구역			
		30분	1시간	2시간	3시간	30분	1시간	2시간	3시간	30분	1시간	2시간	3시간
유효 강우량	불투수	0.069	0.053	0.103	0.117	0.009	0.004	0.001	0.000	0.043	0.006	0.001	0.000
	초기손실												
	투수 초기손실	0.070	0.108	0.082	0.072	0.011	0.014	0.020	0.020	0.035	0.041	0.048	0.048
지표면 유출	불투수 면적비	0.536	0.433	0.204	0.093	0.395	0.358	0.271	0.180	0.553	0.496	0.306	0.126
	불투수 유로길이	0.004	0.008	0.009	0.009	0.052	0.000	0.003	0.001	0.065	0.005	0.006	0.013
	투수 유로길이	0.083	0.076	0.081	0.074	0.009	0.026	0.042	0.059	0.031	0.077	0.129	0.176
	불투수 지면경사	0.002	0.005	0.005	0.005	0.039	0.000	0.001	0.000	0.051	0.004	0.002	0.006
	투수 지면경사	0.035	0.075	0.083	0.081	0.010	0.027	0.038	0.057	0.035	0.072	0.119	0.167
관로	관 경사	0.146	0.078	0.069	0.132	0.235	0.161	0.148	0.136	0.105	0.006	0.001	0.001
	관 조도계수	0.140	0.124	0.195	0.160	0.411	0.331	0.247	0.213	0.162	0.007	0.002	0.002

5. 비교 및 고찰

이상의 분석결과를 통하여 강우조건 변화에 따라 주요매개변수들이 유출특성에 영향을 미치는 민감도의 변화를 다음과 같이 파악할 수 있었다.

첫째, 전반적으로 모든 강우조건에서 불투수면적비(0.369)의 민감도가 가장 크게 나타났고, 관 조도계수(0.198), 관 경사(0.121)의 순으로 민감한 경향을 보였으며, 나머지 다른 매개변수들이 계산 결과치에 주는 영향은 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

둘째, 강우규모가 커짐에 따라 불투수면적비의 민감도는 감소(남가좌, 0.510→0.244)되는 반면, 관 조도계수(Kings Creek, 0.225→0.422)와 관 경사(남가좌, 0.010→0.223)의 민감도는 증가하는 특성을 보였다(Fig. 9). 이는 홍수추적 과정에서 강우규모가 증가되면 불투수면적비의 영향은 상대적으로 줄어드는 대신 우수관거 수심의 증가가 침투 유출량에 직접적으로 큰 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 강우규모가 큰 경우의 유출해석에서는 관거 관련 매개변수들의 선정에 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다(Table 7).

셋째, 강우지속시간이 길어짐에 따라 전반적으로 불투수면적비의 민감도는 감소(Gray Haven, 0.553→0.126)하는 경향을 보였다(Fig. 10). 이는 강우지속시간이 길어짐에 따라 투수지역에서의 유출이 증가됨으로써 불투수지역 유출이 결과치에 미치는 영향이

상대적으로 감소되기 때문인 것으로 판단된다.

넷째, 강우분포에 따른 민감도 분석에 있어서는 Huff 분포의 경우 불투수면적비(0.358~0.554), 관 조도계수(0.159~0.411), 관 경사(0.097~0.270) 등의 매개변수들이 계산결과에 주는 민감도가 크게 나타났다. 전반적으로 제1분위 분포에서는 불투수면적비가, 제4분위 분포에서는 관거관련 매개변수의 민감도가 큰 것으로 분석되었다(Fig. 11). 또한, 중앙집중블록킹 분포형의 경우에는 불투수면적비(0.275~0.453)를 비롯하여 관 조도계수(0.284~0.472)의 민감도가 가장 크게 나타났으며 이는 우량이 단시간내에 집중됨에 기인하는 것으로 판단된다. 한편, Yen-Chow 분포에서는 불투수면적비(0.381~0.425)가 가장 민감하였다(Table 8).

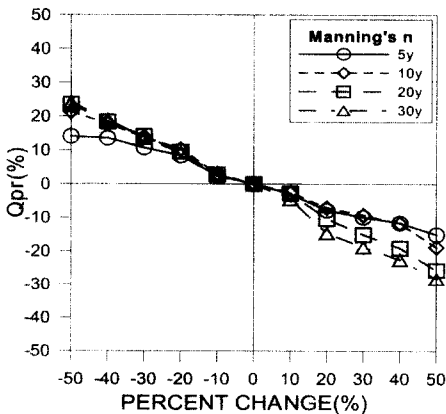


Fig. 9. 강우규모에 따른 관 조도계수의 민감도(Kings Creek 유역).

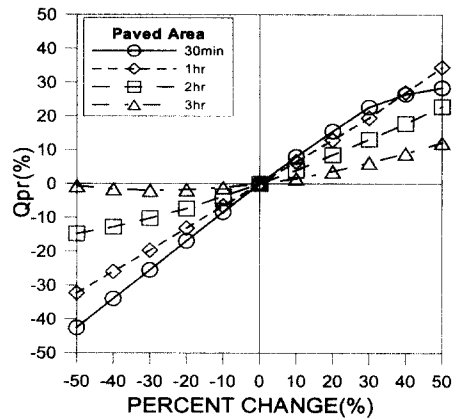


Fig. 10. 강우지속시간에 따른 불투수면적비의 민감도(Gray Haven 유역).

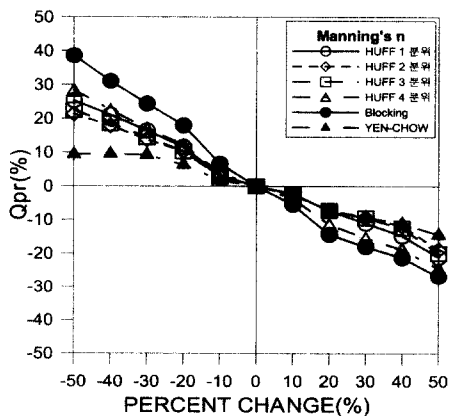


Fig. 11. 강우분포에 따른 관 조도계수의 민감도(Kings Creek 유역).

Table 7. 강우조건과 주요매개변수 민감도의 변화

적용성 평가기준	불투수면적비	초기손실		유로길이		지면경사		관경사	관조도계수
		불투수	투수	불투수	투수	불투수	투수		
강우규모	남가좌	▼	-	-	-	-	-	▲	▲
(5년 30년)	Kings Creek	▼	-	-	-	-	-	-	▲
	Gray Haven	-	-	-	-	-	-	▲	▲
강우	남가좌	↓	-	-	-	-	-	-	-
지속시간	Kings Creek	▼	-	-	-	-	-	-	-
(30분 3시간)	Gray Haven	↓	-	-	-	-	-	-	-

주) 1. ▲, ↓: S_0 의 변화량(증/감)이 0.4이상 2.▲, ▼: S_0 의 변화량(증/감)이 0.4 미만 0.1 이상 3.: S_0 의 변화량(증/감)이 0.1미만

Table 8. 강우분포에 따른 주요매개변수 민감도

Huff분포	불투수면적비			관경사			관조도계수		
	남가좌	Kings Creek	Gray Haven	남가좌	Kings Creek	Gray Haven	남가좌	Kings Creek	Gray Haven
1분위	●		●	○			○		
2분위		●			○	○		○	○
3분위	○		○						
4분위		○	●	●	●	●	●	●	●

주) ●: 민감도가 가장 높음, ○: 민감도가 가장 낮음

6. 결론

본 연구에서는 강우의 규모, 지속시간 및 분포형 등의 변화가 ILLUDAS 모형의 유효강우량, 지표면 유출 및 관로 관련 매개변수들의 민감도에 미치는 영향을 분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 다양한 강우조건에서 전반적으로 불투수면적비가 가장 민감한 경향을 보였고, 관조도계수, 관경사의 순으로 민감한 경향을 보였으며, 나머지 다른 매개변수들이 계산 결과치에 주는 영향은 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

(2) 강우규모가 작을수록 지표면 유출에 관한 매개변수가 민감하였으며 특히, 불투수면적비에 대하여 민감하였다. 또한 강우규모가 클수록 관조도계수 및 관경사 등의 관로에 관한 매개변수들의 민감도가 증가되는 영향을 나타냈다. 이는 강우 규모가 증가됨에 따라 우수관거내의 흐름특성이 뚜렷하게 발달됨에 기인하는 것으로 판단된다.

(3) 강우지속시간이 길수록 불투수면적비의 민감

도는 감소하는 특성을 보여주었는바 이는 투수지역으로부터의 유출 증대에 따른 지표면 유출의 영향이 상대적으로 감소함을 의미하는 것으로 분석되었다.

(4) 강우분포에 따른 민감도 분석결과 Huff 분포형에서는 전반적으로 불투수면적비는 제1분위에서, 관경 관련 매개변수들은 제4분위에서 민감함을 나타내었다. 중앙집중분포형에서는 불투수면적비와 관조도계수가 민감하게 반응하였으며, Yen-Chow 분포형에서는 불투수면적비가 가장 민감하였다.

감사의 글

이 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(과제번호: 03산학연C01)에 의한 것으로 관계당국에 감사드립니다.

참고문헌

강태호(1997). 도시하천에서의 강우와 유출 및 수질 예측기
법 개발에 관한 연구, 박사학위논문, 경기대학교, pp.
78-84.

서규우 등(1998). 유역특성 변화에 따른 도시유출모형의 매
개변수 민감도분석(Ⅰ),(Ⅱ), 한국수자원학회 논문집,
31(3), pp. 243-267.

윤용남 등(1993). ILLUDAS 모형, 제1회 수공학 워크샵 교
재, 2장.

이종태, 이상태(1997). 도시유역에서의 강우 공간분포 및
소유역분할이 유출특성에 미치는 영향, 한국수자원학
회 논문집, 30(2), pp. 177-191.

이종태, 김태화, 허성철(2004). 강우특성에 따른 ILLUDAS,

SWMM모형의 주요매개변수 민감도 분석, 대한토목학
회 정기학술대회 논문집, Vol. 1B, p. 105.

채석준, 이정규(2000). 강우유출모형을 이용한 도시하천에
서의 민감도분석, 대한토목학회 학술발표회 논문집,
31(3), pp. 243-267

한국수자원학회(2002). '01 수해백서, 서울특별시

C. Maksimovic & M. Radojkovic (1986). *Urban Drainage
Catchment*, pp. 61-124, Great Britain by A. Wheaton. Co.
Ltd.

Stephan J. Nix (1994). *Urban Stormwater Modeling and Simulation*,
pp. 92-104, Lewis Publishers.

Terstriep, M. L. and Stall, J. B. (1974). *The Illinois urban drainage
area simulator*, ILLUDAS, Bulletin 58, State Wat. Surv.,
Urbana, Illinois.