

물 환경 건전화를 위한 도시하천의 물 순환 모의 (II)

- 도림천 유역 -

이상호 · 이정민[†]

부경대학교 건설공학부

Hydrologic Cycle Simulation of Urban River for Rehabilitation of Water Environment (II)

- Dorimcheon Basin -

Sang-Ho Lee · Jung-Min Lee[†]

Department of Civil and Construction Engineering, Pukyong National University

(Received 7 December 2005, Accepted 14 August 2006)

Abstract

The hydrologic cycle in urban catchment has been changed due to the expansion of impervious area by rapid urban development. In this study, the SWMM 5 (Storm Water Management Model 5) model was used to simulate the hydrologic cycle of the Dorimcheon catchment which suffers from the distorted hydrologic cycle as a typical urban catchment. This study compare continuous simulation of urban runoff combining the channel and sewer system with that of channel only in the Dorimcheon catchment. Continuous simulations of urban runoff were performed for the upstream basin of Dorim bridge. The urban impervious regions were processed by the land use analysis from LANDSAT_TM images. It was performed from 1975 to 2000 for every five years. Surface, groundwater and wastewater runoffs were additionally included in the simulations one at a time. Such simulations made it possible to evaluate those components quantitatively. The result of continuous simulation of urban runoff combining the channel and sewer system is that peak flow and recession are well simulated. The analysis results of urbanization effect on runoff are as follows: the surface runoff in 2000 increases to 64% of the whole precipitation whereas the surface runoff in 1975 amounts to 46% of the precipitation; the groundwater runoff in 2000 amounts to 6% and shows 8% decrease during the period from 1975 to 2000.

keywords : Continuous runoff simulation, Dorimcheon, Hydrologic cycle simulation, Storm Water Management Model 5

1. 서론

최근 도시하천의 경우 도시화에 따른 불투수 면적 및 취수량의 증가, 기후변화, 하천개수 등의 영향으로 기존의 정상적인 유역의 물 순환 체계가 파괴되어 지하수위는 낮아지고 하천 유량이 감소되어 하천이 정상적인 기능을 하지 못하고 있다. 특히, 안양천 유역은 급격한 도시화에 따른 불투수 영역의 증가, 지하수 이용 증가로 인한 기저유출 감소, 합류식 하수관거로 인한 우수회귀 손실 등으로 일부 하천에는 갈수기 하천유량이 현저히 감소하고 있다. 안양천 본류와 학의천은 연중 하천의 흐름이 유지되나 삼성천, 삼막천, 수암천, 도림천은 연중 90일 이상 건천화되는 구간이 발생하고 있다. 건천화에 따른 유지유량의 부족은 하천을 중심으로 한 수질오염원의 증가 등과 함께 하천의 정상적인 기능을 저해하는 문제를 초래하고 있다. 이와 같이 갈

수기에 발생하는 문제가 심각함에도 불구하고 유역종합치수계획과 같은 유역단위의 치수계획은 수립하고 있으나 이 수계획은 도시하천의 생태계를 개선하기 위한 하천복원사업의 일부에 그치고 있는 실정이다. 따라서 도시화로 인한 물 순환 파괴를 근본적으로 연구하고 이를 정상화하기 위한 방법론이 시급한 실정이다.

물 순환 건전화 및 도시하천 모의와 관련하여 국내외 연구동향을 살펴보면 다음과 같다. 국내의 경우 노 등(2005)이 WEP(Water and Energy Transfer Process) 모형을 청계천 유역에 적용하여 국내 유역에 대한 적용성을 검토하고, 물 순환 양상을 모의한 사례가 있다. 서 등(1996)은 유역개발에 따른 도시하천의 유출량 및 도달시간 변화에 관한 연구와 도시화에 따른 유출영향분석 및 침수저감대책에 관한 연구를 ILLUDAS(ILLinois Urban Drainage Area Simulator)와 SWMM(Storm Water Management Model)을 중심으로 수행한 바 있다. 국외의 경우 Baffaut 등(1989, 1990)과 Liong 등(1991)은 SWMM의 보정 시에 전문가 시스템을 이용하여 자동보정기법을 개발하였다. 현재의 연구동향을

[†] To whom correspondence should be addressed.
andrew4502@magicn.com

살펴보면 SWMM을 이용하여 도시구역의 연속유출모의와 물 순환 분석에 대한 국내연구는 미진한 실정이다.

도림천은 안양천의 지류이다. 기 수행된 물 환경 건전화 를 위한 도시하천의 물 순환 모의(I)(이 등, 2006)의 연구 와 비교하여 도림천 구역의 경우 작은 구역규모에서 관거 를 포함한 모의를 수행하였다. 물 환경 건전화를 위한 도 시하천의 물 순환 모의(I)(이 등, 2006)의 경우 안양천 전 체의 하수관거가 매우 방대하여 연구의 범위에는 포함하지 않았다. 그렇지만 본 연구에서는 관거 모의를 포함하여 도 립천 구역의 도림교 지점을 대상으로 강수, 증발산, 지표유 출, 지하수 유출 등의 성분을 고려한 도시구역 연속유출모 의를 수행하였다. 이를 근간으로 하여 불투수 지역의 변화 에 따른 유출특성 변화를 분석하였다. 불투수 지역의 구분 과 면적 계산은 위성영상자료 및 지리정보시스템을 이용하 여 수행하였다. 위의 불투수 지역 변화에 따른 유출 변화 는 1975년과 2000년 상태에 대하여 분석되었다.

2. 유역현황 및 연속 유출모의 입력자료 구축

2.1. 유역 현황

도림천은 안양천 하류의 제1지류로서 유역 및 하천의 위 치는 Fig. 1과 같다.

도림천은 관악산의 북사면인 관악구 신림동에서 발원하 여 북서쪽으로 유로가 형성되어 도심지를 통과하면서 상류 인 대방동지내 보라매공원 부근에서 우안측으로 유입되는 봉천천과 합류하여 남서측으로 급만곡을 이룬 후 유하하다 가 구로공단 전철역에서 다시 북측으로 급만곡을 이룬 후 대방천과 합류하여 다시 완만한 만곡을 이룬 후 북서측으 로 흐르다가 영등포구 문래동 5가에서 안양천과 합류한다. 도림천 배수구역의 위치는 동경 $126^{\circ} 35' \sim 126^{\circ} 58'$, 북위 $37^{\circ} 25' \sim 37^{\circ} 30'$ 에 해당하는 지역이며, 서울시 구로구, 금 천구, 영등포구, 동작구, 관악구의 5개구로 구성되는 유역 면적 40.96 km^2 , 유로연장 14.20 km , 유역 평균폭 2.95 km 의 배수구역이다. 유역의 형상은 수지상을 이루고 있으며 본류인 도림천은 전구간 개수가 완료되었으며, 하폭은 $21 \sim 134 \text{ m}$, 하상경사는 $1/88 \sim 1/1,163$, 하상구성 재료는 불 용토를 포함한 실트질 모래 및 자갈모래 층으로 구성되어 있다(동일기술공사, 2002).

과거 12년 동안 도림천의 연평균 강수량은 $1,311.6 \text{ mm}$ 로 우리나라 연평균 강수량인 $1,274 \text{ mm}$ 에 비하여 비교적 풍부하며, 이 기간 중 최대 강수량은 1990년의 $2,173.2 \text{ mm}$, 최소는 1988년의 805.3 mm 로 나타났다. 월평균 강수 량은 7월이 344.4 mm 로 최대이며, 2월의 23.8 mm 가 최소 를 기록하였다. 대체로 6~9월 중의 강수량이 913 mm 로서 연 강수량의 약 70%를 차지하는 반면에 10~2월 중의 강 수량은 195 mm 로서 연 강수량의 15% 밖에 차지하지 못하 는 계절적 편차로 말미암아 안양천의 수해 및 갈수기의 하 천수질 악화의 원인이 되고 있다(성, 1996).

2.2. 도림천 배수구역 특성인자 입력자료 구축

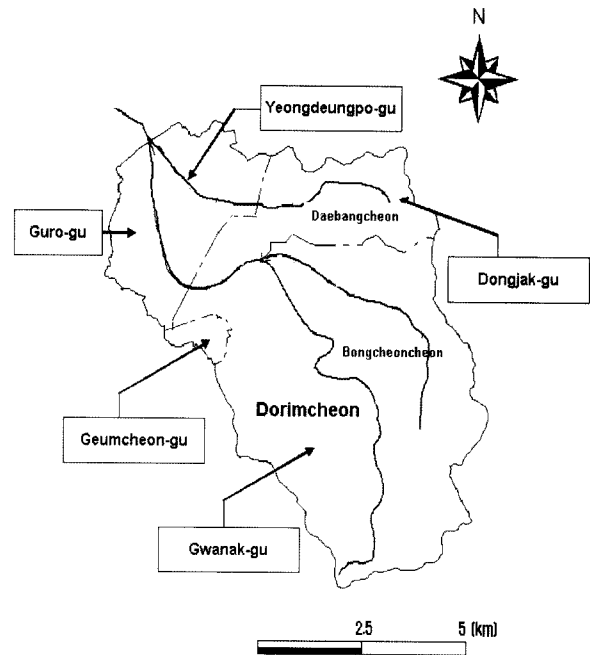


Fig. 1. The diagram of Dorimcheon catchment.

관거를 포함한 도림천 도림교 상류구역의 도시구역 연속 유출모의를 위한 SWMM 모형의 입력 자료군은 물 환경 건전화를 위한 도시하천의 물 순환 모의(I)(이 등, 2006) 의 연구에서 기술한 바와 같다. 이 중 수문기상자료군인 강우량과 증발량 자료는 안양천 고척교 상류유역에 적용된 자료를 동일하게 적용하였다. 매개변수자료군인 물리적 매개변수와 수문학적 매개변수는 수집된 자료와 관련 보고서(건화엔지니어링, 1998; 도화종합기술공사, 2002; 동일기술 공사, 2002; 두산엔지니어링, 2000)를 참고하여 다음과 같 이 구축하였다.

모의를 위한 기본입력 자료로서 도림천의 배수유역을 하 수관망 자료를 이용하여 구분하였다. 이용된 자료는 서울시 에서 구축한 1:500 GIS 하수관망도(Fig. 2)와 관련보고서(건화엔지니어링, 1998; 도화종합기술공사, 2002; 동일기술 공사, 2002; 두산엔지니어링, 2000)로서 SWMM 입력자료 중 중요인자인 관의 형태, 관의 직경, 관의 길이, 관의 경사가 수록되어 있다. 도림천 배수유역을 구분하는 과정에 서 기존의 관련보고서(건화엔지니어링, 1998; 도화종합기술 공사, 2002; 동일기술공사, 2002; 두산엔지니어링, 2000)와 상이한 부분에 대한 오류는 서울시 GIS 하수관망도에서 관 거의 표고를 검토하여 수정하였다. 구분된 배수구역은 AutoCAD를 이용하여 수치화 하였으며, 소유역별 유역특성 인자는 지리정보시스템을 이용하여 추출하였다. Fig. 3에 도림천 배수유역 분할도를 나타내었다.

하도망 구성은 추출된 유역특성인자와 관련 보고서(건화 엔지니어링, 1998; 도화종합기술공사, 2002; 동일기술공사, 2002; 두산엔지니어링, 2000)를 참고하여 구축하였다(Fig. 4). Fig. 5를 보면 하도만 고려한 경우와 관거를 고려한 경 우 하도/관망 모식도의 차이를 알 수 있다. 안양천 고척교 상류의 도시구역 연속유출모의에서는 도림천 유역이 두개 의 유역으로 분할되고 각 유역은 하나의 절점으로 유입된다.

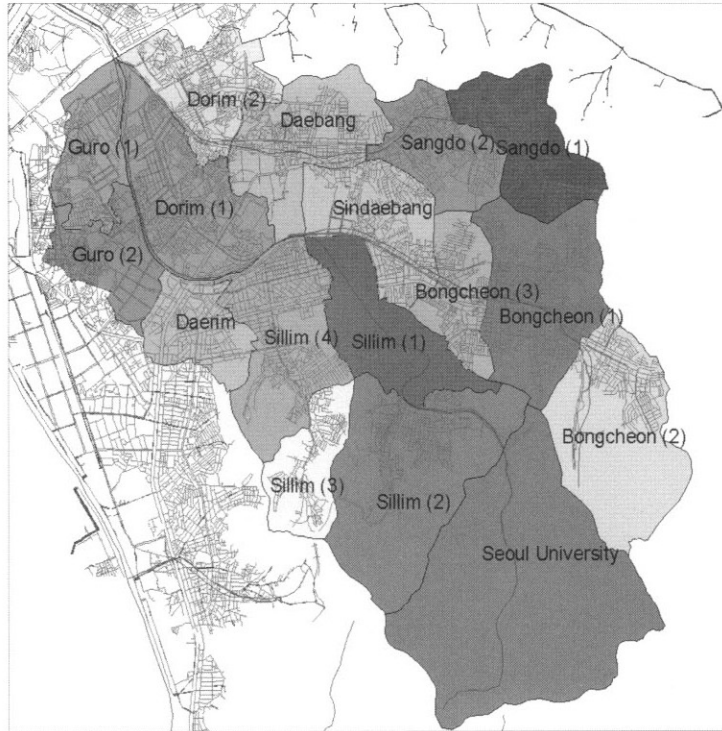


Fig. 2. Dorimcheon sewer pipe network.

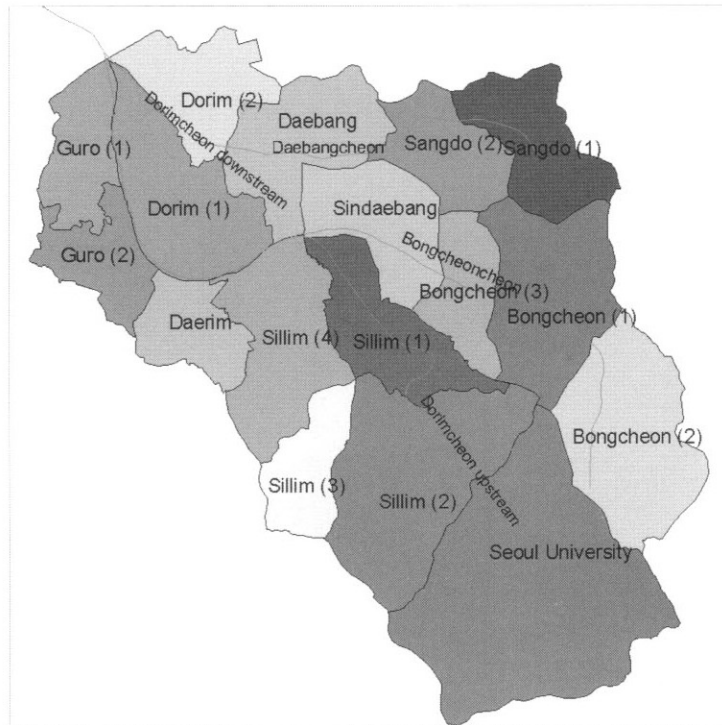


Fig. 3. Drainage watershed schematization.

그러나 관거를 고려한 하도/관망 체계는 도림천과 복개된 봉천천 및 대방천(Fig. 6)으로 구성되었고, 유역은 17개로 분할되었으며, 각 유역의 유출은 도림천과 복개 관로의 절점에 유입된다(Fig. 5). 그렇지만 구축된 모든 간선관로가

우수의 소통로로 기여하지는 않는다. 예로서 Fig. 5의 5번 유역 중 125-53 절점의 관로는 우수가 소통되지 않는다. 물 흐름 계산에 사용되는 관로는 53-21 절점 등이다. 이와 같이 유출계산에 사용되지 않는 간선 관거를 하도/관거망

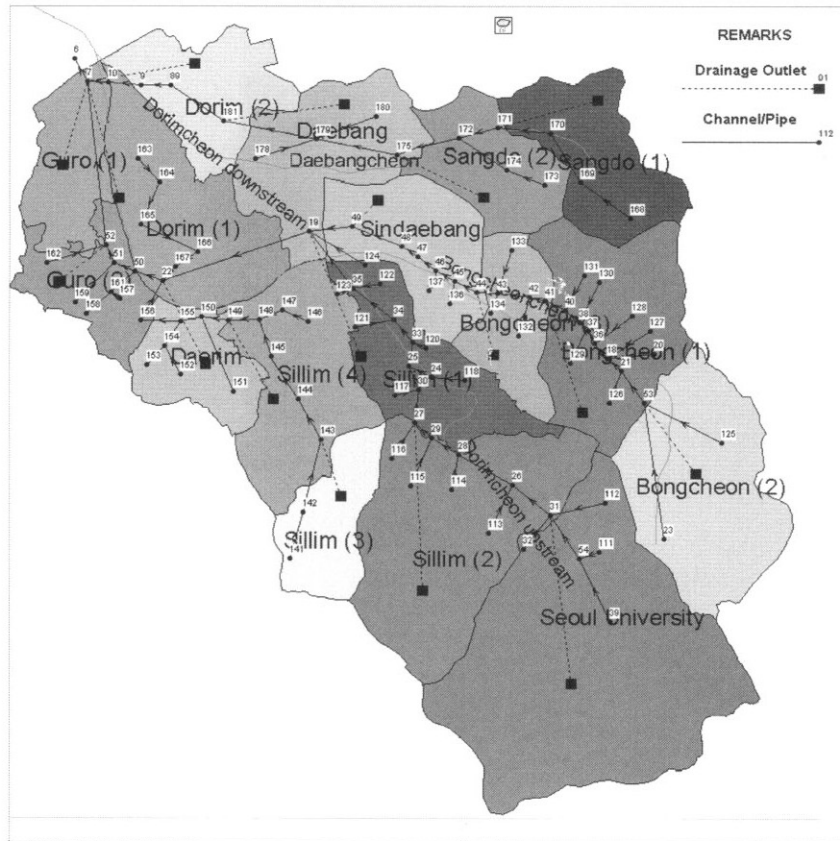


Fig. 4. Channel/pipe network schematization.

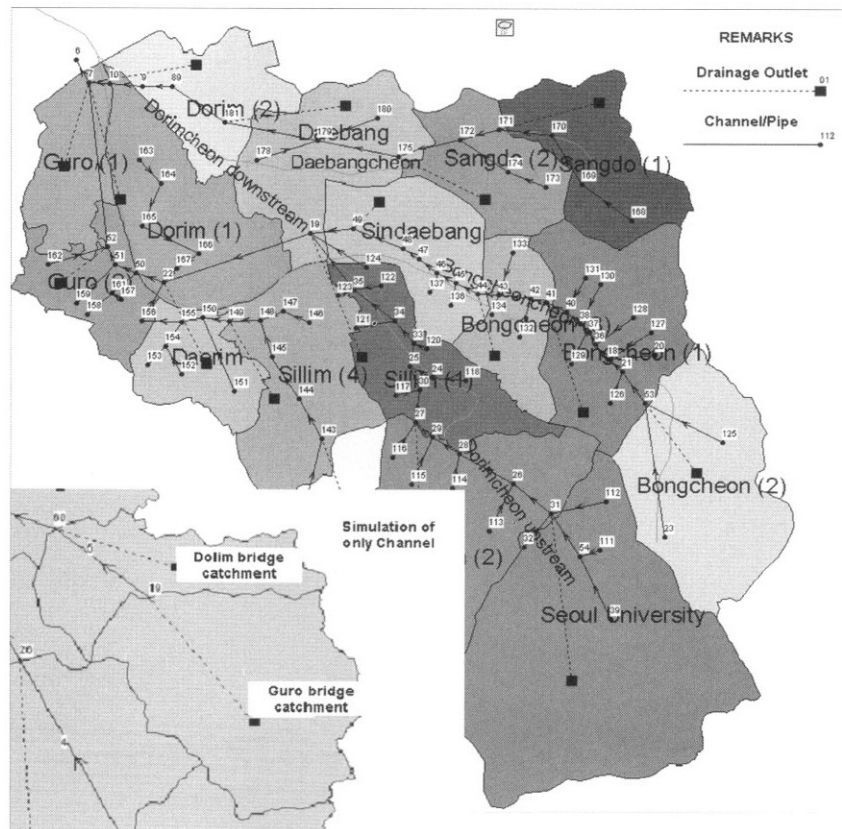


Fig. 5. Channel/pipe network schematization comparison.

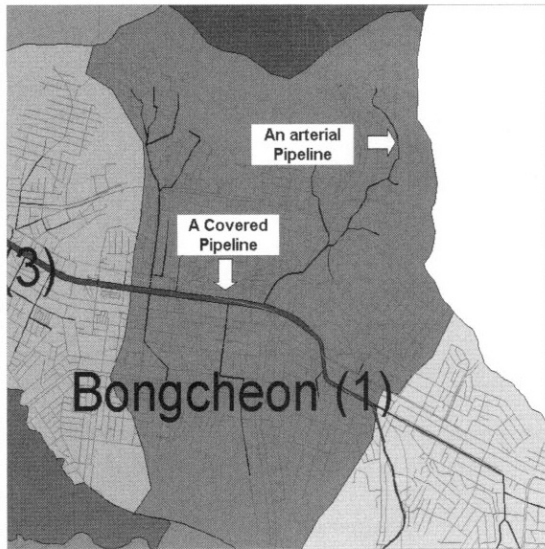


Fig. 6. Covered pipeline and arterial pipeline of Dorimcheon drainage watershed.

으로 구성된 이유는 필요한 경우 하수량이나 기타 유입수를 입력하기 위한 목적이다. 구축된 소유역별 유역특성인자와 하도/관망 자료의 자세한 내용은 지면 제한상 생략하였으며 서울대학교(2004)의 문헌을 참조할 수 있다.

2.3. 위성영상을 이용한 도림천 토지이용분석

도림천 유역의 배수유역별 토지이용분석은 안양천 고척

교 상류유역 분석에 이용한 1975년, 1980년의 Landsat TM 영상, 1985년, 1990년, 1995년, 2000년의 Landsat ETM+ 영상을 동일하게 사용하였다. 1975년과 1980년은 수역, 시가지, 나지, 습지, 초지, 산림, 농업지역의 총 7개 범주로 분류하였고, 1985년부터 2000년까지의 자료는 농업지역을 논과 밭으로 나누어 총 8개 범주로 토지이용도를 작성하였다. 도림천 유역의 배수유역별 토지의 용도구분을 분류한 결과는 Fig. 7과 같다. 도림천 유역의 변화 양상을 보면 1985년 이전에 시가지화가 두드러지게 이루어지다가 1985년 이후에는 다소 점진적으로 이루어지고 있음을 보여주고 있다. 1975년 대비 2000년의 불투수 유역면적은 39.5%에서 62.5%로 23%의 증가가 있었다.

2.4. 도림천 지하수 입력자료 구축

SWMM에서 지하수흐름 모의는 Fig. 8과 같이 증발(ETU)과 침투(ENFIL)가 일어나는 비포화지역인 상층부(upper zone)와 침투(PERC, DEPPRC)와 하천으로의 유입(GWFLW)이 일어나는 포화지역인 하층부(lower zone)로 나누어 모의한다.

SWMM 모형에 입력하는 지하수 흐름부분의 입력자료는 대수층 깊이, 수리전도도 등이다. 이 중 수리전도도는 김(2000)의 박사학위논문 자료와 1996년 서울시 지하수 조사 보고서를 참고하였다. 대수층의 두께는 도림천 친수공간조성사업 기본계획 및 기본설계 보고서의 시추주상도 자료를 평균한 값을 사용하였다.

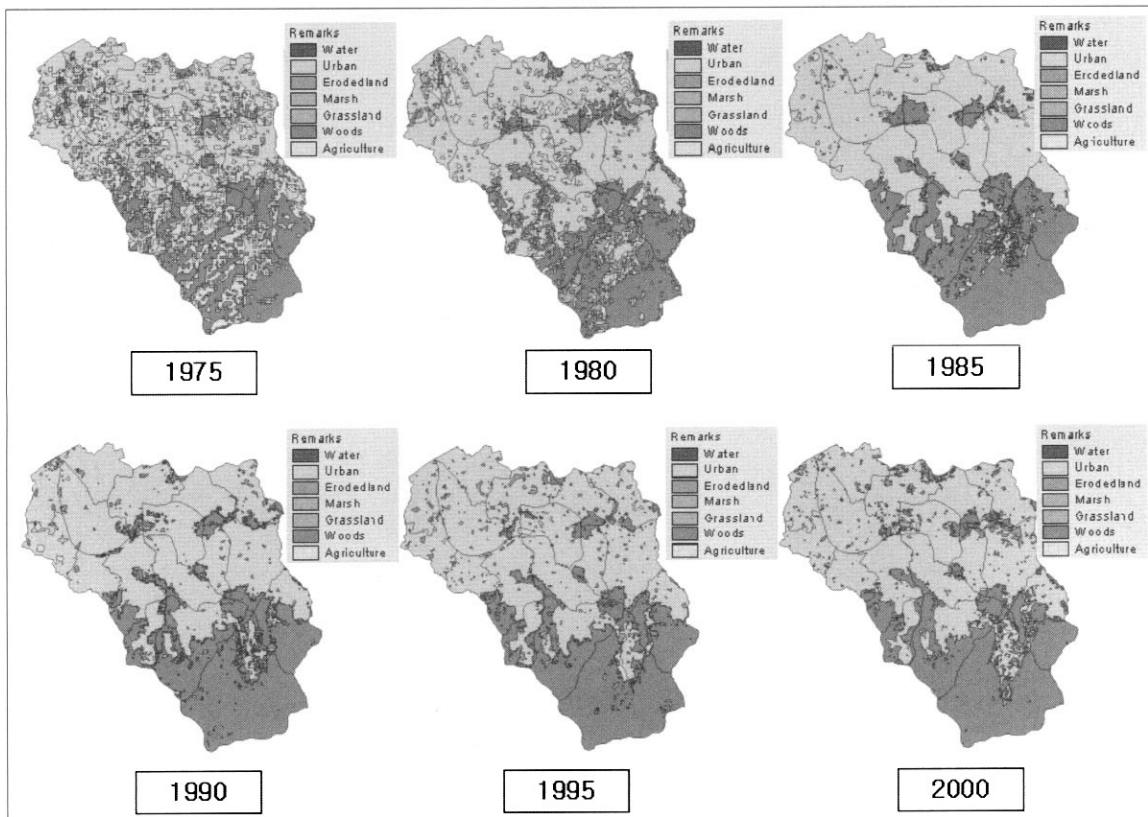


Fig. 7. Landuse of Dorimcheon (1975~2000).

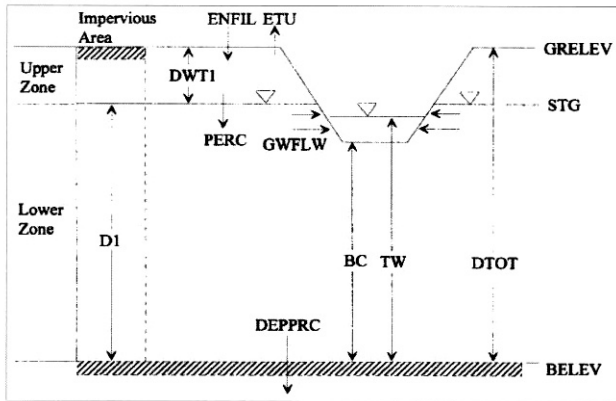


Fig. 8. Ground parameters and conceptualization.

하천으로의 유출입식은 다음의 식과 같다.

$$GWFLW = A1 \cdot (D1 - BC)^{B1} - TWFLW + A3 \cdot D1 \cdot TW \quad (1)$$

$$TWFLW = A2 \cdot (TW - BC)^{B2} \quad (2)$$

위의 식에서 A1, A2, A3, B1, B2는 지하수 흐름을 나타내는 계수들로서 보정과정에서 활용된다. TWFLW는 하천수영향률(channel water influence rate)로서 하천에서 지하로 빠져나가는 유량을 의미한다. SWMM의 지하수 모의 시 일반적으로 TWFLW의 계수(A2, B2)는 고려하지 않는다. 그러나 도림천 유역의 경우 평상시 하천유량이 거의 없거나 미량이다. 이는 하천유량이 지하로 빠져나감을 의미한다고 할 수 있다. 실제로, 도림천 도림교 지점의 평상시 유량은 2004년 2월 28일에 0.013 m³/s, 2004년 5월 1일에는 0.006 m³/s로 관측되었다.

이와 같은 현황을 반영하기 위하여 도림천 연속유출모의의 지하수 흐름계수 중 A2의 경우 0.001~0.003, B2의 경우 0.9~1.1을 사용하여 평상시 지하로 빠져나가는 유출을 고려하였다. 지하수 흐름계수 중 A1, B1, A3의 경우 고려하지 않거나 기 수행한 물 환경 건전화에 관한 도시하천의 물 순환 모의(I) (이 등, 2006)의 지하수 흐름계수를 사용하였다.

3. 도림천 도림교 상류의 도시유역 연속유출모의

3.1. 과거 유량측정자료에 의한 검증

보통 연속유출모의에는 최소 3~4년 이상(충분한 경우 8년)의 유출자료가 있어야 모형을 보정할 수 있으나 안양천 하류 유역의 경우 현재까지의 유출자료는 거의 없는 실정이며, 고척교 지점에 대해서만 서울대학교에서 최근 4년간 측정된 유량자료가 있을 뿐이다. 도림교 지점은 1983년 삼안기술공사 보고서에 유량측정 자료가 수록되어 있다. 따라서 본 연구에서는 서울기상청의 강우자료와 안양천 유역종합 치수대책 보고서(삼안기술공사, 1983)의 유량측정 자료를 이용하여 모형을 검증하였다. 모형의 보정 시 주요매개

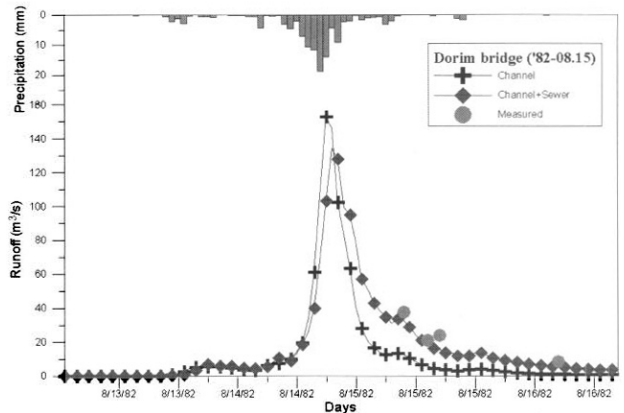


Fig. 9. Runoff hydrograph of Dorimcheon (13~16 August, 1982).

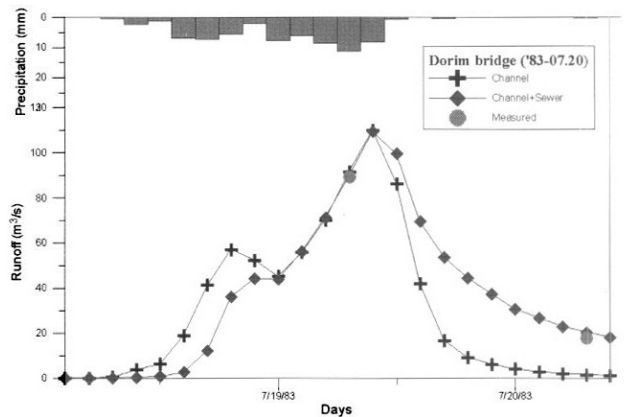


Fig. 10. Runoff hydrograph of Dorimcheon (19~20 July, 1983).

변수는 침투유량의 경우 투수지역 조도계수와 수리전도도이며, 총 유출량의 경우 수리전도도 등이다. 투수지역 조도계수의 경우 0.148, 수리전도도의 경우 6.5 mm/hr를 적용하였다.

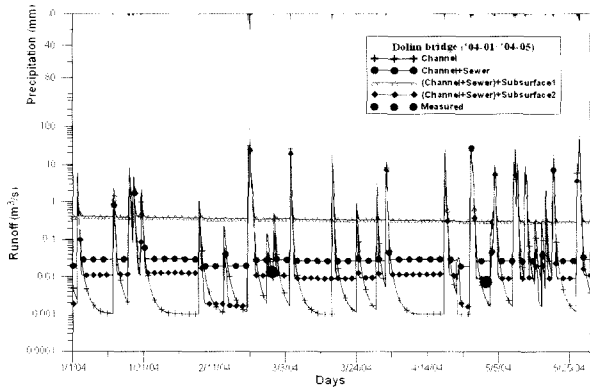
1982년 8월 13일과 1983년 7월 19일에 발생한 호우에 대하여 도림천 유역의 하도만 모의한 경우와 하도와 하수관을 결합한 모의결과를 도림교 지점의 삼안기술공사 유량 측정 결과와 비교하였다. 두 호우사상에 대한 도림교의 유출수문곡선은 Fig. 9, 10과 같다. 모의결과 하도만을 모의한 경우보다 하도와 관망을 결합한 경우가 상대적으로 관측유량에 가깝게 묘사되고 있다. 특히 홍수수문곡선 감수부 끝의 유출양상이 관측치와 비교적 작은 차이를 나타내고 있다. Table 1에 관측유량과 관거를 포함한 도림교지점의 모의유량 편차를 나타내었다.

3.2. 관거를 포함한 도림교 상류의 도시유역 연속유출모의 결과분석

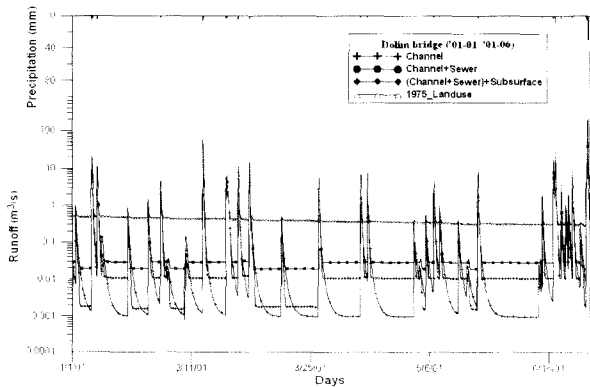
구축된 도림천 유역 SWMM 모형의 입력자료를 이용하여 2000년부터 2004년까지 도시유역 연속유출모의를 수행하였다. 수행된 결과 중 연구기간 내의 실측 자료가 있는 2004년 1월에서 5월까지의 분석결과를 아래에 나타내었다 (Fig. 11(a)). 모의결과 그림을 보면 아래의 십자 표시선이

Table 1. Runoff simulation deviation of Dorim bridge including sewer

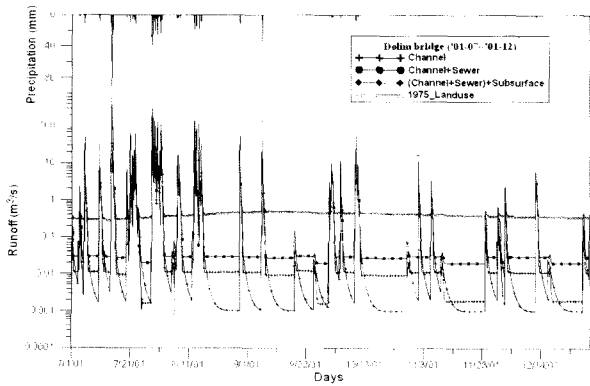
Date & Time	Observation	Simulation	Deviation (%)
	Discharge (m ³ /s)		
10 : 00, 15, August, 1982	37.86	32.69	- 15.82
14 : 00, 15, August, 1982	21.16	18.86	- 12.20
16 : 00, 15, August, 1982	23.90	15.69	- 52.33
12 : 00, 16, August, 1982	8.45	5.20	- 62.5
01 : 00, 20, July, 1983	89.21	89.45	0.27
11 : 00, 20, July, 1983	17.81	20.21	11.88



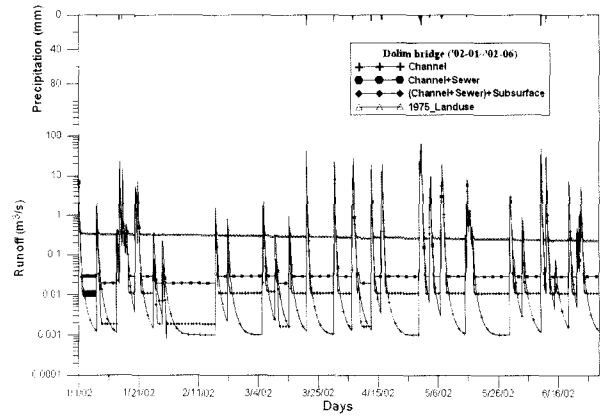
(a) January ~ May of 2004



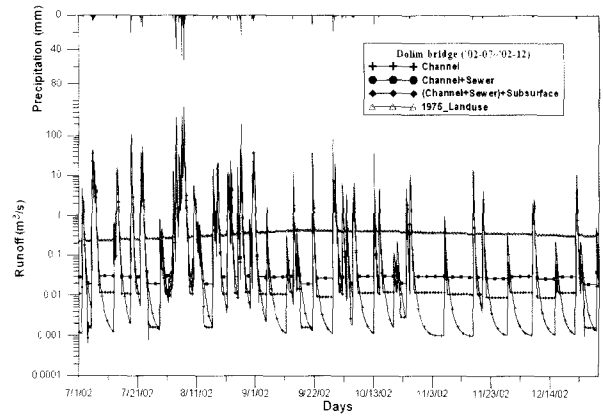
(b) January ~ June of 2001



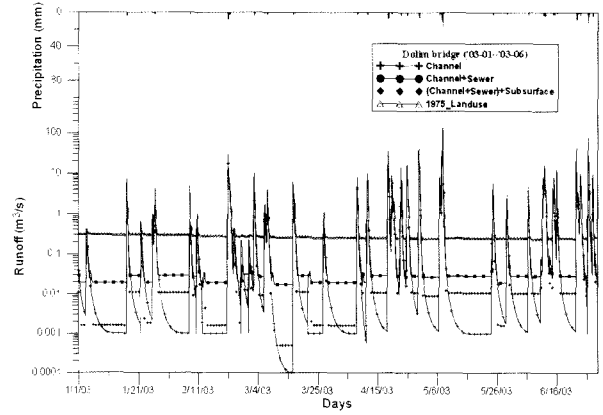
(c) July ~ December of 2001



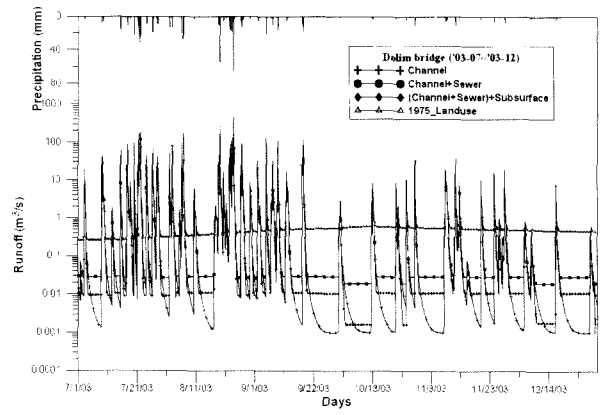
(d) January ~ June of 2002



(e) July ~ December of 2002



(f) January ~ June of 2003



(g) July ~ December of 2003

Fig. 11. Continuous runoff simulations result of Dorim bridge upstream including sewer.

도립천 유역의 하도만 모의한 유출수문곡선이다. 전체적으로 침투유량이 크고 실측치와 비교하여 기저유출 부분이 급격히 낮아짐을 볼 수 있다. 그리고 아래에서 세번째 있는 원형표시선이 지하수모의를 수행하지 않고 관거와 하도를 포함한 유출수문곡선이다. 하도만 모의한 유출수문곡선보다 침투유량이 비교적 작으며 기저부분에 유량이 약 0.03 m³/s 정도로 유지되는 것을 볼 수 있다. 2월과 5월의 관측 유량과 비교해보면 약 0.02 m³/s 정도 유량이 크다. 그 바로 위의 삼각표시선은 고척교 상류 연속유출모의의 지하수 흐름계수를 적용하여, 하도에 의한 지표유출과 관거 및 지하수모의를 수행한 유출수문곡선이다. 평상시 유량이 많이 보충되어 약 0.4 m³/s 정도임을 알 수 있다. 아래에서 두 번째 마름모 표시선은 평상시 지하로 빠져나가는 유출을 고려하여 적용한 유출수문곡선이다. 실제 관측유량과 비교해보면 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 2004년 2월 28일 평상시 관측유량이 0.013 m³/s, 모의유량은 0.012 m³/s 이고, 2004년 5월 1일 관측유량이 0.006 m³/s, 모의유량이 0.009 m³/s로서 두 번의 관측유량값과 약 0.001~0.003 m³/s 정도의 차이가 난다. 이것은 유량측정 오차를 생각한다면 정확하다고 할 수 있다.

이상의 결과에서 SWMM 지하수 모의에서 하천에서 지하로 빠져나가는 유출을 고려하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다. 도립천 유역의 하수량 모의의 경우 전량 차집되는 것으로 간주하고 모의에는 반영하지 않았다.

3.3. 불투수율 변화에 따른 도립천 도림교 상류 유역의 유출변화 특성분석

2001년 9월 6일에 발생한 호우에 대하여 2000년 토지이용상태와 1975년 토지이용상태를 적용한 경우에 유출을 비교해 보았다. 아래 Fig. 12와 같이 1975년의 토지이용상태에 대한 유출은 2000년에 비해 침투유량이 36.15 m³/s의 감소를 보이며 기저유량은 0.5 m³/s 정도의 증가를 보인다. 침투시간은 동일하게 나타났다(Table 2).

평상시 하천에서 지하로 빠져나가는 현상을 고려한 지하수모의를 추가한 도림교 상류지점의 연속유출모의 입력 자료 중 배수유역별 불투수 면적을 1975년 상태로 변경하여 모의하였다. 모의된 결과는 Fig. 11(b)~(g)에 나타내었다. 제일 위의 삼각 표시 선으로 평상시 기저유량의 증가가 나타나며, 홍수시에 침투유량의 감소가 두드러진다. 2000년 대비 기저유량은 약 0.5 m³/s 정도가 증가되었다. 나머지 모의 결과도 1975년 불투수 면적을 고려한 경우와 비슷한 모의 양상을 나타내었다.

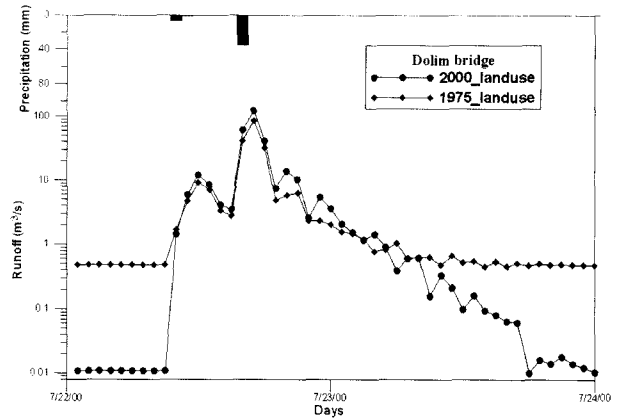


Fig. 12. Runoff characteristics by impervious rate change (6~8 September, 2001).

4. 결론

SWMM 5 모형을 이용하여 도립천 유역의 도림교 지점을 대상으로 강수, 증발산, 지표유출, 지하수유출 등의 성분을 포함한 도시유역 연속유출모의를 수행하였다. 기 수행한 물 환경 건전화를 위한 도시하천의 물 순환 모의(I)(이 등, 2006) 연구와 비교하여 도립천 유역의 경우 작은 유역규모에서 관거를 포함한 모의를 수행하였다. 하도만 모의한 경우와 관거를 포함한 모의를 수행한 경우를 비교한 결과, 하도만 모의한 경우보다 관거와 하도를 결합한 경우가 침투유량은 작았으며 홍수의 감수부를 적절히 모사하였다. 특히, 지하수 모의의 경우 하천에서 지하로 빠져나가는 모의를 수행한 경우가 관측유량에 근접한 결과를 얻을 수 있었다.

도립천 유역에 2000년부터 2003년까지 물 순환 분석을 수행한 결과는 Fig. 13과 같다. 1975년도 토지이용상태와 2000년(현재로 가정)의 토지이용상태에 따른 물 순환 성분을 Table 3에 나타내었다. 도립천 유역의 물 순환 분석은 물 환경 건전화를 위한 도시하천의 물 순환 모의(I)(이 등, 2006) 연구와 유사하였다.

도시화 면적이 증가하면 불투수 면적이 증가하고 그에 따라 도시 하천의 평상시 유출이 감소한다. 도시 유역의 평상시 수량을 회복시키는 방법으로는 침투 증진시설(투수성 포장, 침투 트렌치, 침투 측구 등)의 설치, 하수의 고도처리 후 방류, 저수지에 의한 유황 개선, 지하철 용출수 활용 등이 있다. 우리나라의 경우에 일부 도시하천의 수량 감소가 심각한 상황에 이르고 있으며 이를 해결하고자 하는 노력이 최근에 나타나고 있다. 수량을 회복하려면 유량 평가를 위한 현장조사, 수량회복 계획, 재원의 반영, 수량

Table 2. Runoff characteristics by impervious rate change (6~8 September, 2001)

	Storm event I (2001)	Peak discharge (m ³ /s)	Peak time	Base runoff (m ³ /s)
Landuse_2000	01 : 00 on September 6 ~ 00 : 00 on September 8	122.25	17 : 00 on September 6	0.01
	01 : 00 on September 6 ~ 00 : 00 on September 8			
Landuse_1975	01 : 00 on September 6 ~ 00 : 00 on September 8	86.10	17 : 00 on September 6	0.50
	01 : 00 on September 6 ~ 00 : 00 on September 8			

Table 3. Hydrologic cycle comparison by impervious rate change (unit : mm)

Component	Precipitation mm (%)	Infiltration mm (%)	Evapotrans-piration mm (%)	Direct runoff mm (%)	Subsurface runoff		Total runoff	Waste flow
					Base runoff mm (%)	Evapotrans-piration mm (%)		
2000 landuse	1493.2 (100)	95.4 (6)	445.6 (30)	952.2 (64)	84.6 (6)	10.8 (0)	1036.8 (70)	0
1975 landuse	1493.2 (100)	229.2 (15)	578.4 (39)	685.4 (46)	210.8 (14)	18.4 (1)	896.2 (60)	0

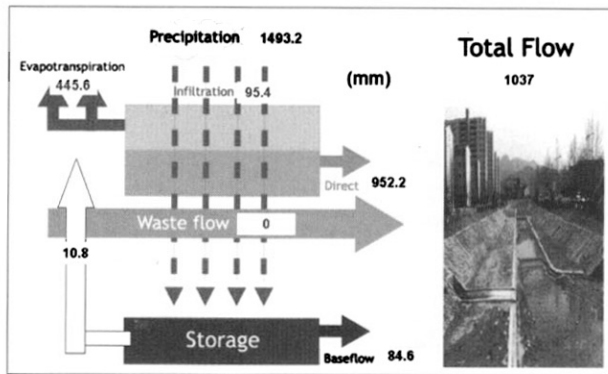


Fig. 13. Hydrologic cycle simulation of Dorimcheon.

회복 시설의 설치 및 관리의 순서로 단계별 사업이 수행되어야 한다. 계획 단계의 과업에서 필요한 사항은 도시화의 영향을 정량 평가하여 현재의 물 순환을 분석하는 것이다. 본 연구는 작은 유역 규모에서 SWMM 5 모형을 이용하여 관거와 지하수를 포함한 도시하천의 연속유출모의를 통하여 물 순환 분석을 수행한 사례로서 의의가 있으며, 도시하천의 물 환경 건전화 기술을 적용하는데 기초자료로 활용될 수 있다.

사 사

본 연구결과는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 1-7-2)에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

건화엔지니어링, 하수관거조사 및 정비 기본설계 보고서(도림천 배수유역), 서울특별시, pp. 3-523 (1998).
 김윤영, 도시지역 지하수의 수리지질학적 특성: 서울지역 지하수 시스템 분석, 박사학위논문, 서울대학교, pp. 1-100 (2000).
 노성진, 김현준, 장철희, 청계천 유역에 대한 WEP 모형의

적용, 한국수자원학회지, **38**(8), pp. 645-653 (2005).
 도화종합기술공사, 하수도정비기본계획(변경) 보고서, 서울특별시, pp. 3-689 (2002).
 동일기술공사, 도림천 하천정비 기본계획 보고서, 서울특별시, pp. 3-500 (2002).
 두산엔지니어링, 도림천 친수공간 조성사업 기본계획 및 기본설계, 관악구, pp. 3-517 (2000).
 삼안기술공사, 안양천 유역종합 치수대책 보고서, 건설부, pp. 3-310 (1983).
 서규우, 배덕효, 유역개발에 따른 도시하천에서의 유출량 및 도달시간 변화에 관한 연구, 한국수자원학회지, **29**(3), pp. 207-216 (1996).
 서울대학교, 안양천 유역의 물순환 건전화 기술적용, 연구보고서, 과학기술부, pp. 456-539 (2004).
 서울특별시, 서울시 지하수 기본조사, 농어촌진흥공사, pp. 72-117 (1996).
 성효현, 수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석, 한국 GIS학회지, **4**(1), pp. 21-42 (1996).
 이정민, 이상호, 이길성, 물 환경 건전화를 위한 도시하천의 물 순환 모의 (I) - 안양천 유역 -, 한국물환경학회지, **22**(2), pp. 349-357 (2006).

Baffaut, C. and Delleur, J. W., Expert System for Calibrating SWMM, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, **115**(3), pp. 278-298 (1989).
 Baffaut, C. and Delleur, J. W., Calibration of SWMM Runoff Quality Model with Expert System, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, **116**(2), pp. 247-261 (1990).
 Huber, W. C. and Dickinson, R. E., *Stormwater management model. Version 4: User's manual Ver. 2.1*, U. S. Army Corps of Engineers, Computer Program 723-S8-L7520, pp. 1-222 (1988).
 James, W., Huber, W. C., Dickinson, R. E. and James, W. R. C., *Water systems models [2] HYDRAULICS. Users guide to SWMM4 TRANSPORT, EXTRAN and STORAGE modules*, CH1, Guelph, Ontario, Canada, pp. 1-572 (1998).
 Liong, S. Y., Chan, W. T. and Lum, L. H., Knowledge-based System for SWMM Runoff Component Calibration, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, **117**(5), pp. 507-524 (1991).