

SWMM-GA 연계방법을 이용한 유역분담저류지의 최적 위치와 규모 산정

A study on optimized locations and size of regional detention facilities using
SWMM-GA coupling method

김수전 * , 정재학 ** , 김지태 *** , 김형수 ****

Kim, Soo Jun / Chung, Jae Hak / Kim, Ji Tae / Kim, Hung Soo

요 지

도시의 개발은 토지이용상태를 변화시키고 필연적으로 도시유역내에서 홍수량을 증가시키게 된다. 이에 따라 정부에서는 자연재해대책법에 근거하여 사전재해영향성검토 등의 협의수단을 마련하였고, 도시개발에 따라 증가된 홍수량을 저감하기 위한 방법으로 유역내 저류지를 설치할 것을 권장하고 있다. 본 연구에서는 유역내 저류지를 계획할 때 저류지의 위치와 규모를 산정하기 위하여 도시유출모형인 SWMM 모형과 비선형 최적화 기법인 유전자알고리즘(GA)을 연계하였다. 이렇게 구축된 연계모형의 결과는 유역내에 저류지의 최적 위치와 규모를 설정하기 위한 방안을 마련해 줄 것으로 판단된다. 따라서 기존에 임의로 저류지의 위치를 결정하고 규모를 산정하는 방법의 대안으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 유역분담저류지, SWMM, 유전자알고리즘

1. 서 론

우리나라는 매년 홍수피해를 겪고 있고 이에 대한 복구비용으로 막대한 예산을 지출하고 있다. 이에 따라 많은 부분에서 홍수피해를 줄이기 위한 노력을 하고 있으며, 이러한 노력의 일환으로 정부에서는 자연재해대책법에 근거하여 사전재해영향성검토와 같은 협의제도를 마련하였다. 이는 토지이용상태를 변화시켜 도시유역내 홍수량을 증가시킬 소지가 있는 도시의 개발에 있어 사전에 정부 또는 지자체와 협의를 통하여 증가가 예상되는 홍수량을 저감할 수 있도록 하는 협의제도이다. 이의 방법으로 유역내 저류지를 설치할 것을 권장하고 있으며, 이미 많은 개발사업시 저류지가 설치되어 역할을 하고 있다.

하지만, 저류지의 설치 위치와 규모의 산정시 많은 문제점이 있는 것이 사실이다. 안전측면에서 협의시 유역의 출구점에 저류지를 설치하는 것을 원칙으로 하고 있지만, 유역의 출구점에서는 많은 양의 유출량에 대응을 할 수 있는 규모가 큰 저류지가 필요하기 때문에 도시개발시 많은 토지가 저류지로 편입되는 관계로 토지이용의 고도화 측면에서 불리한 방법이라고 할 수 있겠다. 따라서

* 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : soojuny@empal.com
** 정회원 · 소방방재청 국립방재교육연구원 방재연구소 시설연구사 · E-mail : blueboat@nema.go.kr
*** 정회원 · 소방방재청 국립방재교육연구원 방재연구소 시설연구관 · E-mail : jtkim77@nema.go.kr
**** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sookim@inha.ac.kr

본 연구에서는 유역내 저류지를 계획할 때 저류지의 위치와 규모를 산정하기 위하여 파주시 문산읍 유역을 대상으로 하고, 도시유출모형인 SWMM모형과 비선형 최적화 기법인 유전자알고리즘(GA)을 연계하여 그 적용성을 검토해 보고자 한다.

2. 기본 이론

2.1 SWMM 모형에서의 저류지 고려

본 연구에서는 도시유역의 유출을 정량적으로 모의하고 관거내 수면형 및 배수, 역류, 압력류 등을 계산하기 위하여 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 SWMM 모형을 선정하였다. SWMM 모형의 RUNOFF 블록에서는 유역을 비선형저수지로 가정하여 연속방정식과 Manning 공식에 의해 지표면 유출량이 계산되고, EXTRAN 블록에서는 관거내 유량과 수심을 계산하기 위해 Dynamic 방정식에 의하여 흐름을 추적하며, 비정상 연속방정식과 St. Venant 식이 기본방정식으로 사용된다. 본 연구에서 우수 저류량은 EXTRAN 블록에서 'storage junction'을 이용하였다. 이 항은 저류지가 관로로 연결되어 저류지의 면적과 깊이를 입력함으로써 지체가 발생하도록 하는 것이다. Fig 2에 나타난 바와 같이 node J에 저류지를 입력하게 되며 저류지의 면적을 ASTORE에, 저류지의 높이를 ZCOWN 변수에 입력하도록 되어 있다. 이때 저류지에서 계산되는 수위는 그림 1에 제시된 식에 의해 계산된다.

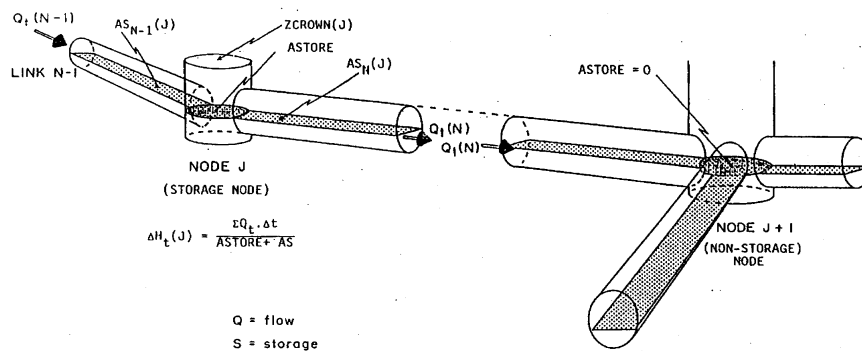


그림 1. Storage Junction in SWMM

2.2 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘(Genetic Algorithm; GA)은 자연세계의 진화과정 현상에 기반한 계산모형이며, 정해진 형태의 자료구조로 표현한 다음 이들을 점차적으로 변형함으로써 점점 더 좋은 해들을 생성한다. 각각의 해를 하나의 유기체 또는 개체(population)로 보고 이들의 집합을 개체군이라 한다. 하나의 개체는 한 개 또는 여러 개의 염색체(chromosome)로 구성되며, 염색체를 변형하는 연산자들을 유전연산자(Genetic operators)라 한다. 이러한 유전자 알고리즘은 생물의 진화원리로부터 착안된 알고리즘으로서, 확률적 탐색이나 학습 및 최적화를 위한 한 가지 기법으로 간주할 수 있다.

2.3 목적함수의 적용

저류지 설치전 유량(Q_{before})에 대하여 목표저감량을 설정함으로써 저류지 설치후의 목표유량(Q_{after})을 그림 2와 같이 설정할 수 있다.

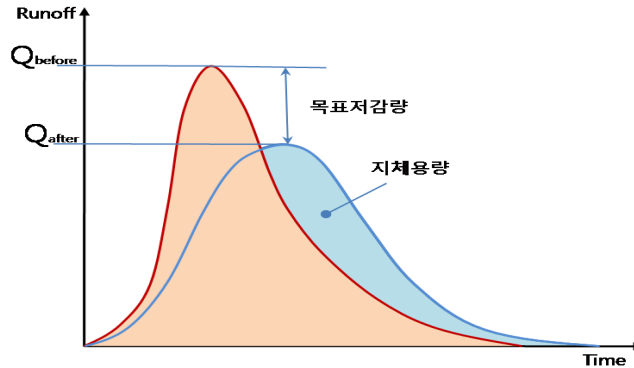


그림 2. 저류지 설치에 따른 목표저감량의 설정도

목적함수는 유전자 집합에서 각각의 유전자가 문제의 환경에 얼마나 잘 적응하는가를 나타내는 척도로서 적합도의 계산에 이용한다. 본 연구에서는 목표유량과 모의유량의 침투유량에 대한 오차의 제곱의 합(Sum of square of residual : SSR)을 최소화하는 목적함수를 식 1과 같이 구성하였다.

$$F = (Q_{after} - Q_s)^2 \quad (1)$$

여기에서 F는 목적함수, Q_{after} 는 목표유량, Q_s 는 모의유량이다.

3. 적용 및 분석

3.1 대상구역에서의 저류지 설치 방법

본 연구의 대상 구역은 파주시 문산읍 구역으로 하류부 외수위의 영향으로 배수펌프장이 설치되어 침수가 방지되고 있다. 그러나, 본 연구는 구역 내에 위치한 저류지의 홍수저감 효과를 분석하는 데에 목적이 있으므로 대상 구역의 지형 및 관망을 그대로 이용하되 외수의 영향을 배제하고 배수펌프도 가동하지 않는 것으로 가정하였다.

본 연구에서는 관망내의 모든 Node와 Link(관로)에서 저류지가 설치가 가능하도록 그림 3과 같이 구성하였다. 이에 따라 저류지의 위치는 '0'번 지점에서 '29'번 지점까지 30개의 위치에 대해서 검토하였으며, 저류지의 개수를 1개에서 3개 까지 증가시키면서 저류지의 개수, 위치, 용량, 방류관 크기가 고려될 수 있도록 다음 표 1과 같이 모형을 구성하였다. 그리고 유전자의 교배확률 80%, 돌연변이 확률을 0.5%로 설정하였고, 1,000회의 반복회수로 목적함수에 대하여 최적화를 실시하였다.

표 1. 유전자 구성을 위한 범위 설정

	하한치	상한치	정밀도
저류지 개수(개)	1	3	0
저류지 위치	0	29	0
저류지 용량(m^3)	1	100	-2
방류관 면적(m^2)	10	625	2

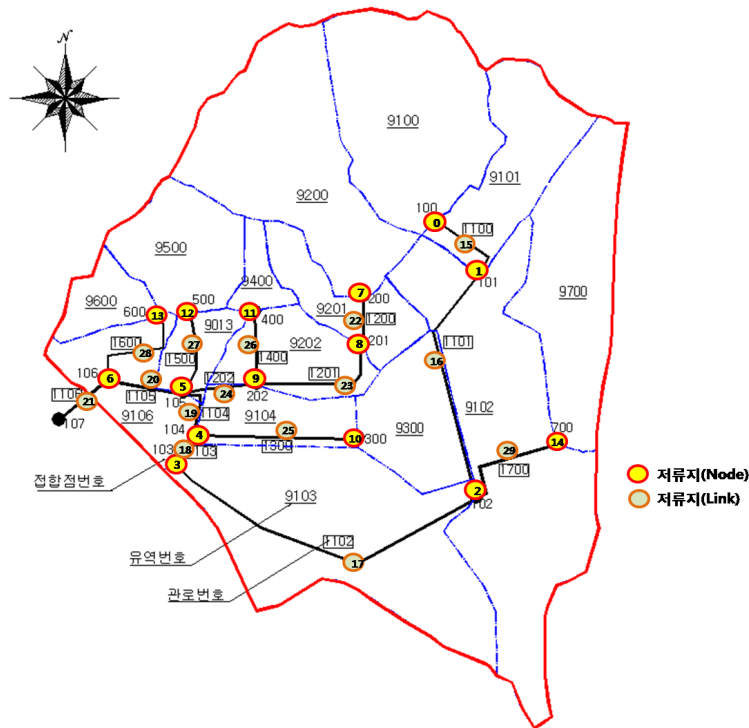


그림 3. 대상구역에서의 가상저류지 설치 지점

3.2 분석 결과

본 연구에서는 도시개발시 영구저류지의 설계기준으로 고려되는 설계빈도 50년을 고려하기 위하여 “문산 첨단산업단지(선유지구) 재해영향평가서(경기지방공사, 2004)”에서 산정한 확률강우량 110.5mm(재현기간 50년 빈도, 지속시간 1시간)를 채택하여 적용하였다. 적용결과 관거의 설계빈도를 초과하는 강우량에 의해서 월류가 발생하는 지역이 있었다. 따라서 본 구역에서 SWMM-GA 연계모형의 적용시 하류단 목표지점에서의 목표유량 외에 구역내에서 월류량이 발생하지 않는 위치에 적당한 저류지를 설치하는 것을 목적으로 연계모형을 구성하였다.

첨두홍수량(Q_{before})에 대한 목표율($Q_{70\%}$, $Q_{50\%}$, $Q_{30\%}$)에 대하여 최적의 저류지 위치, 저류지 용량, 방류관의 크기를 산정한 결과는 표 1과 같다. 기존에 50년 빈도에 의하여 월류가 발생하던 지점(101, 102, 105)의 월류현상을 방지하면서 최종출구점에서의 첨두홍수량에 대한 목표율을 잘 반영하고 있는 결과로 판단되었다(하지만 본 구역의 경우 출구지점에 저류지를 설치할 경우 상류지점에서의 월류현상을 방지할 수 없어 본 연구의 결과와 직접적으로 비교가 불가능한 관계로 출구지점의 저류지 설치에 대한 비교를 수행하지 않았음).

표 1. 첨두홍수량의 목표율에 따른 저류지의 위치, 용량, 방류관 크기 산정 결과

목표율 (%)	저류지의 위치			저류지의 용량(m^3)			방류관의 크기(m^2)		
	1개	2개	3개	1개	2개	3개	1개	2개	3개
70	0 번	-	-	1,000	-	-	0.20	-	-
50	13 번	0 번	-	200	1,800	-	0.23	0.13	-
30	13 번	0 번	27 번	600	2,000	1,100	0.23	0.15	0.41

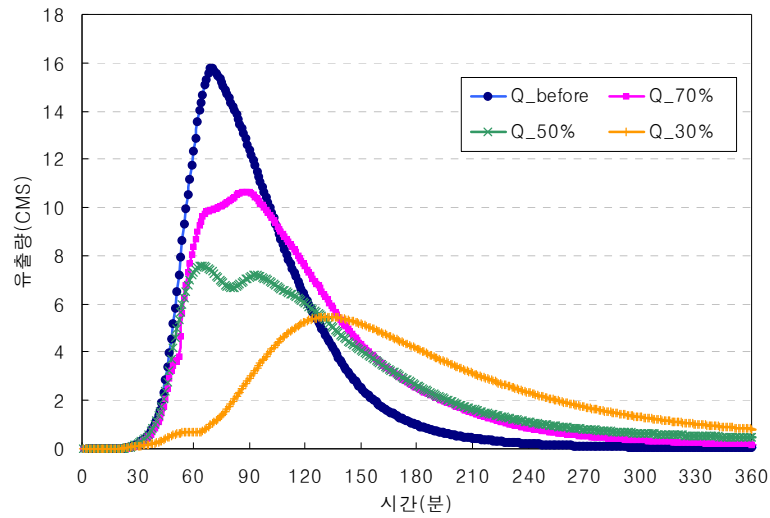


그림 4. 침투홍수량에 대한 목표율별 유출수문곡선

4. 결론

본 연구에서는 유역내 저류지를 계획할 때 저류지의 위치와 규모를 산정하기 위하여 도시유출 모형인 SWMM 모형과 비선형 최적화 기법인 유전자알고리즘(GA)을 연계하였다. 이를 이용하여 기존의 하도 및 유역 하단부 저류 방식에서 벗어나 유역의 임의의 지점에서 홍수량을 분담하는 저류지를 설치함으로써 효율적으로 홍수량을 저감할 수 있는 방법을 제시하였다. 추후 출구지점의 저류지 용량과 SWMM-GA 연계 결과를 직접적으로 비교하는 연구를 통하여, 홍수량을 유역의 중상류에서 저감할 수 있는 방안에 대한 연구가 더 수행되어야 할 것으로 판단된다. 이렇게 구축된 연계모형의 결과는 유역내에 저류지의 최적 위치와 규모를 설정하기 위한 방안을 마련해 줄 수 있을 것이다. 따라서 기존에 임의로 저류지의 위치를 결정하고 규모를 산정하는 방법의 대안으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 경기지방공사 (2004), 문산 첨단산업단지(선유지구) 재해영향평가서.
2. 국립방재연구소 (2003), 우수유출저감시설 설치기법 연구 종합보고서.
3. 김지태, 권욱, 김영복, 김수전 (2006). “도시유역의 분담저류 방식에 따른 유출저감특성 분석” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 1226-6280, 제39권 11호, pp.915-922,
4. Huber, W.C., and Dickinson, R.E. (1988), Stormwater management model, ver. 4, part a; user's manual, EPA-600/3 -88/001a, U. S. EPA.