

단지 개발로 인한 우수 유출량 변화 예측 및 저감방안에 관한 연구

- 서울 은평뉴타운 13, 14단지(못자리골)를 중심으로 -

성종상* · 이은석** · 김대희***

*서울대학교 환경대학원 · **서울대학교 환경대학원 환경조경학과 · ***(주) 토문엔지니어링 도시계획부

An Analysis of Rainwater Overflow by Housing Development and Overflow Decrease Method

- Focused on the 13, 14 Districts (Motjarigol) of the Eun-pyung New Town
in Seoul -

Sung, Jong-Sang* · Lee, Eun-Seok** · Kim, Dae-Hee***

*Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

**Dept. of Landscape Architecture, Graduate School of Environmental Studies,
Seoul National University

***Dept. of Urban Planning, To-Moon Engineering Co. Ltd.

ABSTRACT

This study focuses on hydrological changes caused by developments in the 13th, 14th (Motjarigol) district in Eun Pyoung New Town, Seoul on the basis of the Land Use Planning of development plan. Through analyses from the hydrological experiments about rainfall outflow using universal equation and amounts of infiltration through soils, the changes in amounts of overflows were estimated and the results were discussed from a urban ecological point of view. As a result, it has been predicted that the amount of rainfall outflow at post-development was dramatically increased, compared to pre-development. Installing of Derbris Dams and infiltration facilities were suggested as alternative plan to medigitate these changes. If we apply these

Corresponding author: Dae-Hee, Kim, Dept. of Urban Planning, To-Moon Engineering Co. Ltd., Non-hyun Dong, Kang-Nam Gu, Seoul 135-010, Korea, Tel.: +82-2-515-5001, E-mail: godlyboy@daum.net

alternatives, the rainfall outflow would be reduced up to 30% compared to the development plan without BMPs (Best Management Practice). In conclusion, it is proposed that once the ecological principles were considered during development planning process, we can minimize the adverse effects of developments to our environments.

Key Words: Urban Development, Water Circulation System, Rainwater Outflow, Debris Dam(BMP), Rainwater Infiltration Facilities

1. 서론

1. 연구의 배경

2002년 이후 서울시는 지역간 불균형 해소와 노후화된 시가지의 환경개선을 목적으로 뉴타운 사업을 계획, 추진하고 있다. 서울시는 뉴타운을 주거중심형, 도심형, 신시가지형으로 개발 유형에 따라 구분하여 지속적 건설을 위한 시범모델을 제시하고 있다. 각 유형에 따른 특징을 살펴보면, 주거중심형과 도심형 뉴타운 사업은 기존 시가지를 재개발하는 형태로서, 열악한 환경문제를 계획에 의한 오픈스페이스 확보방안을 통해 개선효과를 얻을 수 있다. 두 개의 모델과 달리 신시가지형 뉴타운 사업은 대단위 개발면적이 소요되는 계획안으로서 오히려 미 개발지역과 재개발지역의 광범위한 개발로 인해 주변 환경을 저해시킬 수 있는 소지가 클 가능성이 있는 계획모델이라고 할 수 있다.

현재 실시 중인 은평뉴타운은 신시가지형 뉴타운으로서 약 105만평에 이르는 기존의 취락지역과 대단위 개발제한구역이 사업대상지에 포함되어 있다. 이는 대규모 미개발지역을 개발하는 사업으로 다양한 환경적 부담이 발생할 수 있는 가능성이 큰 계획안이라고 볼 수 있다. 이러한 부담을 해소하는 차원에서 현재 은평뉴타운은 친환경, 생태를 주요한 개발개념으로 설정하여 사업을 추진 중에 있다고 한다. 그러나 뉴타운과 같은 대규모 개발은 콘크리트와 아스팔트 등의 불투수포장재 사용이 개발 이전에 비해 대량으로 수반되기 때문에, 강우시 빗물의 유출량이 이전과 큰 차이를 보이게 된다. 지표 유출량이 증가하게 됨에 따라 침수를 방지하기 위한 설비들이 불필요하게 시공되는 악순환이 이루어질 수 있다. 따라서 불필요한 설비적 소모를 줄이

는 차원에서 빗물의 유출량 저감 대책은 필요하다. 또한 대안의 적용을 위한 기준을 설정하는 차원에서 개발 이전과 이후의 유출량 차이를 파악할 필요성이 있다.

2. 연구의 목적

은평뉴타운 계획이 기존의 생태적 환경을 고려한 계획안이라면, 오픈스페이스 조성방법 및 공간 배치계획에서 친환경 소재 및 설비 등을 사용하여 기존의 생태적 환경 수준과 유사한 수준을 유지하려고 한 계획안이 되어야 한다고 판단하였다. 현 계획안을 검증할 수 있는 하나의 척도는 강우시 발생할 지표 유출량이다. 이에 대한 공간 계획적 차원의 고려가 있는지에 대해 개발이전과 이후의 지표 유출량 발생량을 정량적으로 산출하여 비교하고자 하였다. 더불어, 현재 시공계획을 크게 변화시키지 않으면서 지표 유출수량을 저감시킬 수 있는 대안을 제시하고 결과로 보여지는 강우시 지표 유출량의 변화를 검토하여 적용 가능성과 유출량 저감 효과를 파악하고자 한다.

II. 연구사

서울시정개발연구원(1995)은 도시화와 현재 수해방지 대책의 문제점을 지적하며, 이러한 문제의 해결방안으로 토지이용상태 변화에 따라 가증되는 홍수량의 증가분에 해당되는 소정용량 이상의 현지 저류시설이나 침투시설을 설치함을 주장하고 있다. Kim, T. J.(2004)은 도시지역의 유출량 분석을 위하여 GIS 분석과 ILLUDAS 모델을 사용한 정량적 산출 결과를 보이고 있다. 최지용과 장수환(2003)은 불투수 면적의 증가가 유출 계수를 증가시키고 수질에 큰 영향을 준 실질적

결과를 제시하고 있다. 김두하 등(1997)은 분당 신도시를 대상으로 실제 강우 측정을 통한 침투 설비의 효과를 검증한 결과를 제시하고 있다. 권경호(1999)는 잔디도랑과 우수녹지로 이루어지는 자연배수체계에 대해 합리식을 유출량 산정 모델로 한 결과를 제시하고 있다. 한국토지개발공사(1993)는 자연녹지면적의 증가와 투수성 포장재를 설치함에 따른 지하수 함량을 분석한 결과를 제시하고 있다. Peretti and Rocca(2000)는 미기후와 물 절약, 미적 견해에서 건물과 건물 주변의 물 활용방안에 대한 사례연구를 통해 도시내 물순환 체계에 대한 전략을 소개하고 있다. 서안환경설계연구소(2001)는 공동주택단지의 침투설비에 관해 침투 통과 침투관을 적용하여 단지내 우배수 계획 및 설계를 수립하여 개발 제품의 적용 가능성과 효과를 검토한 연구를 진행하였다. 이와 같이 불투수 면적에 따른 유출량 증가를 저감시키기 위한 다양한 접근이 이루어지고 있다. 그러나 수문과 관련하여 공간을 이해함에 있어 연구지역이 갖고 있는 유역적 특성을 고려하지 않고 단순히 개발지역의 지표 유출량을 판단한 결과로 제시하고 있는 한계점이 있다.

III. 연구 범위 및 방법

1. 연구 범위

1) 내용적 범위

대상지 중 지형적 영향에 의해 강우시 지표 유출량이 집중될 것으로 예상되는 대상지를 중심으로 살펴보고자 한다. 연구 대상지역의 우수 유출량 변화를 분석하여 개발 계획(안)에 따른 유출량의 증가 정도를 파악하고, 유출량을 저감시킬 수 있는 대안과 그 효과를 제시하고자 한다.

2) 공간적 범위

신시가지형 뉴타운인 은평뉴타운은 서울시 은평구 진관내동, 진관외동, 구파발동 일원으로 구성되어 있으며, 전체 대상지 면적은 3,495,248m²(105만평)으로 크게 3개 지구 10개 구역으로 나뉘어 계획되었다. 강우 유출량 분석을 위한 기준으로서 유역을 기준으로 공간을 다

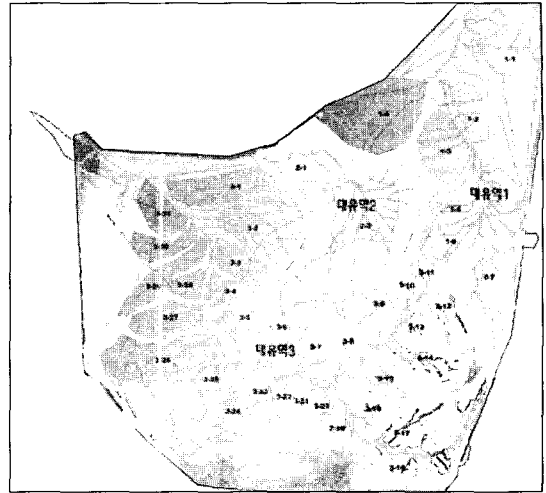


그림 1. 유역 분할도

시 구분하여 보면, 3개 대유역과 40개 소유역으로 구분할 수 있다(그림 1 참조). 은평 뉴타운 전 지역을 우선적으로 검토하여 소유역 가운데 강우에 따른 유출 정도가 높을 것으로 예상되고, 개발 밀도가 낮으며, 개발이 전 생태적으로 양호한 소유역을 선정하는 체계를 갖고 대상지를 선별하였다.

소유역 가운데 자연 계류 발생 정도가 높다고 판단되는 지역은 대유역2의 소유역2-2이다. 이 지역은 일명 못자리골이라 불리는 은평뉴타운의 1지구 B공구의 13, 14단지 일대와 그 영역을 같이 한다(그림 2 참조).

소유역 2-2의 지형적 특징을 살펴보면, 북서쪽 사면

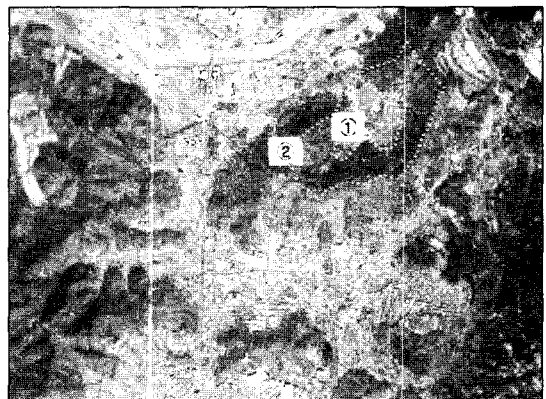


그림 2. 세부 대상지역-못자리골
 법례: 점선 ①: 13, 14단지 개발예정지역
 점선 ②: 소유역 2-2지역

을 제외한 모든 방향에 해발 150m 이상의 산지가 둘러싸고 있는 분지로서 인해 강우시 자연 발생이 예상되는 지류가 한 곳으로 향하는 모습을 보인다. 즉, 다른 소유역에 비해 계류 분포 면적이 넓으나 자연 발생 계류가 한 곳에 집중하는 형세를 보이기 때문에 강우 발생시 지표유출량이 집중될 것이라고 판단할 수 있다. 따라서 강우 유출에 대한 집중도가 높다고 판단되는 은평뉴타운 1지구 B공구내 13, 14단지 일대, 못자리골이 위치한 대우역2의 소유역2-2지역(면적: 164,738.4m²(약 5만평))을 공간적 범위로 설정하여 연구를 진행하였다(그림 3 참조).

3) 시간적 범위

본 연구는 개발이전의 상태와 개발 계획안의 지표 유출량 변화를 비교하는 것이므로 은평뉴타운의 개발 이전 시점인 2003년 이전 현황과 개발이 완료되는 2008년을 시간적 범위로 설정하여 토지이용 변화에 따른 지표 유출량 변화를 분석하고자 한다.

2. 연구 방법

우수 유출량의 변화를 예측하기 위한 방법으로 합리식을 사용하였다. 합리식은 설계 강우 강도와 토지 이용 상태별 면적, 피복 면적별 유출계수를 필요로 한다. 설계 강우강도는 서울에서 1시간동안 강우가 지속될 경우에 해당하는 각각의 강우 빈도에 의한 설계 강우 강도를 이용하며, 각각의 토지이용 면적과 토지이용 상태별 유

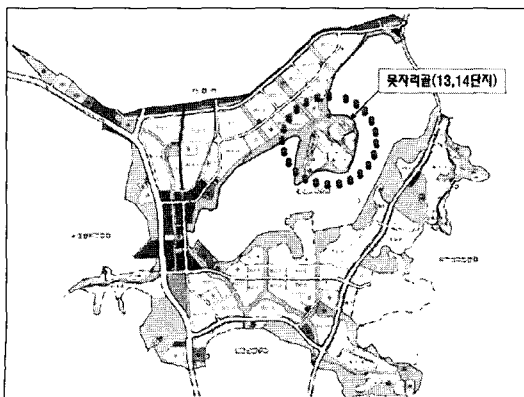


그림 3. 은평뉴타운 내 못자리골 위치
범례: 점선 13, 14단지 개발예정지역

출계수(표 1 참조)를 적용시킨다. 개발지역의 유출량 뿐만 아니라, 개발지역에 영향을 줄 수 있는 인근 유역의 지표 유출량까지 포함하여 산출하였다.

지표 유출량 저감 방안 중 계획안을 그대로 유지하며 그 효과를 볼 수 있는 대안을 선별하고, 계획 적용에 따

표 1. 토지이용별 유출계수

대분류	중분류	유출계수(C)
상업지역	도심	0.70
	근린	0.50
주거지역	단독주택	0.30
	독립주택단지	0.40
	연립주택단지	0.60
	교외지역	0.25
	아파트	0.50
산업지역	산재지역	0.50
	밀집지역	0.60
공원, 묘역		0.10
운동장		0.20
철로		0.20
미개발지		0.10
도로	아스팔트	0.70
	콘크리트	0.80
	벽돌	0.70
	차도 및 보도	0.75
지붕		0.75
잔디	사질평탄	0.05
	사질평균	0.10
	사질경사	0.15
	중토평탄	0.13
	중토평균	0.18
	중토경사	0.25
농경지	나지평탄	0.30
	나지거침	0.20
	경작 사질 작물유	0.30
	경작 사질 작물무	0.20
	경작 중토 작물유	0.20
	경작 중토 작물무	0.10
	초지사질	0.15
	초지중토	0.05
산림		0.05

자료: 조원철과 서규우, 1998: 96. 재인용

른 효과는 기존 연구의 결과 및 합리식을 통한 산출 결과를 통해 알아보았다. 본 연구는 다음의 다섯 단계로 진행된다.

- ① 세부 대상지의 선정과 유역경계를 정하기 위한 유역구분 작업을 진행한다.
- ② 대상지역의 토지 이용 상태를 구분하고 각각의 면적을 산출한다.
- ③ 강우 지표 유출량을 합리식법을 이용하여 산출한다.
- ④ 개발 이전과 계획(안) 간의 강우 유출량 변화를 예측한다.
- ⑤ 유출량을 감소시킬 수 있는 대안을 살펴보고, 적용 시의 효과를 지표 유출량 데이터를 통해 알아 본다.

각 단계의 분석방법은 다음과 같다. 우선적으로 유역 경계를 구분하고 소유역 별 지표유출 정도를 파악하기 위해서 ArcView Ver. 3.2(ESRI, 1999) 프로그램을 이용, GIS 분석을 하였다. 개발 이전과 이후의 토지이용 상태를 파악하기 위하여 개발 이전의 토지이용은 2000년에 촬영한 항공사진과 문헌자료를 활용하였고, 개발 이후는 계획도면을 바탕으로 분석하였다. 분석 결과 각각의 토지이용 상태를 구분하고 이용 상태별 면적을 파악하였다.

강우 지표 유출량을 산정하기 위한 방법으로는 합리식법을 활용하였다. 현재까지 다양한 도시수문분석 모형이 제시되고 있지만, 다수의 유출량 산출 모델이 그 뿌리를 합리식에 두고 있으므로, 본 연구에서도 합리식을 유출량 분석 기법으로 활용하고자 한다.

$$Q = 0.2278 C I A \quad (\text{식 1})$$

- 여기서, Q = 유역 출구에서의 침투유량(m^3/sec)
 C = 배수유역의 특성에 따라 결정되는 유출계수
 I = 지속시간이 t 인 강우강도(mm/hr)
 A = 유역면적(km^2)

대한주택공사(1994)의 연구에서 우리나라에 적합한 강우 강도 산출모형들을 제시하고 있는데, 본 연구는 산출 모형중 이원환(1980)의 강우 강도식을 채택하였다. 이 식의 설계 강우 강도는 전국을 대상으로 지속시

간 5분에서부터 1,440분까지, 2년 빈도 강우에서부터 2000년 빈도 강우까지 제시하고 있으나 본 연구에서는 서울지역, 지속시간 60분, 2년 빈도 강우에서부터 500년 빈도 강우까지의 산출 결과만을 활용하였다. 토지 이용 상태별 유출계수는 조원철과 서규우(1998)에 제시된 수치를 적용하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 유역 및 지류예측

수문분석방법(Hydro Analysis)을 이용한 GIS 분석에서 그림 4에서와 같이 예측된 은평뉴타운의 유역은 크게 세 개의 대유역으로 구분할 수 있다. 각각의 유역에서 뉴타운 북측 창릉천으로 향하는 3개의 큰 지류가 있으며, 각각 하위 지류의 분포에 의한 기준으로 40개의 소유역으로 구분할 수 있다. 분석 결과는 그림 1과 같다.

대부분의 경우, 대상지를 포함하는 상류 유역이 있다. 상류 유역에서 발생하는 지표 유출량의 크기는 무시할 수 없기 때문에, 개발지역 내부뿐만 아니라, 대상지를 둘러싸고 있는 상류 유역의 유출량까지 검토 범위에 포함하여야 할 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 대상지 내부의 유출량만을 산정하지 않고 못자리골을 둘러싸고 있는 유역 내 산지지역에서 유출되는 양까지 외

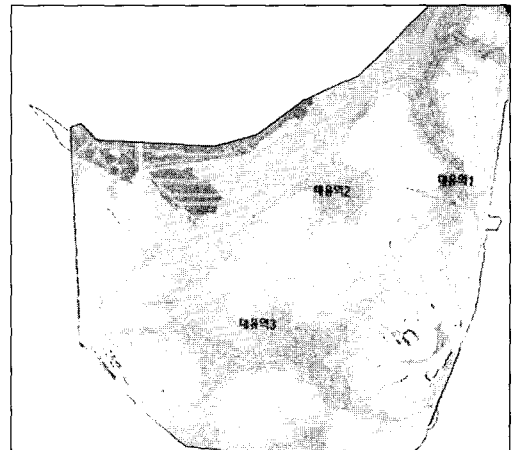


그림 4. GIS의 수문분석방법(Hydro Analysis)을 이용한 지류예측 결과

부 영향 유역으로 고려하여 총 유출량에 포함하였다.

2. 대상지 현황분석

1) 수문환경 분석

본 연구의 대상지인 은평뉴타운 13, 14단지 일대(일명 못자리골)는 대상지의 북측을 제외한 전 사면이 진관 근린공원으로 둘러싸인 분지 지형적 특징을 보인다(그림 7 참조). 이러한 분지지형으로 인해 강우시 산사면을 따라 내려오는 우수 유출수의 흐름이 한 곳으로 집중되는 현상이 예상되는 지역이다(그림 5, 9 참조). 내려오는 지명 또한 못자리골인 것으로 보아 과거 오래전

부터 이 지역은 물이 많고 습윤했던 지역으로 판단할 수 있다. 또한 개발이전의 항공사진과 수치지형도에서 보면 4~5개 정도의 작은 수로가 주변 산지에서부터 시작하여 고루 분포하며 연못방향으로 집중하여 내려오고 있음을 볼 수 있었으며 연못의 규모 또한 작지 않았음을 알 수 있다(그림 5 참조).

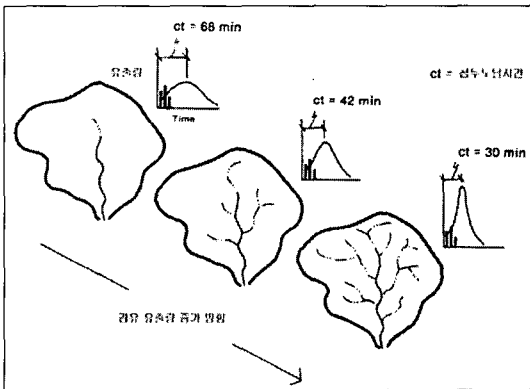


그림 5. 하천의 위계와 배수밀도의 관계
자료: Marsh, 1991: 132



그림 7. 2005년 현재 못자리골 현황

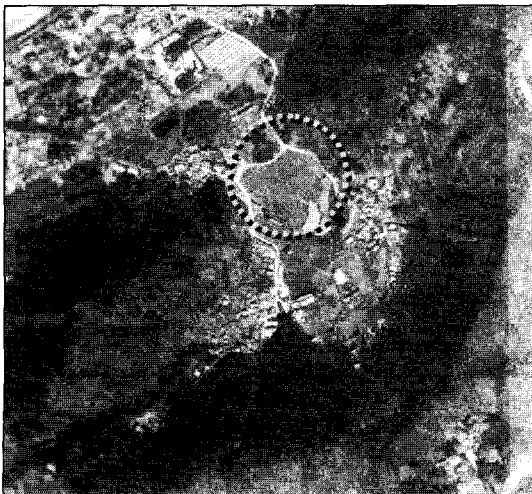


그림 6. 개발 이전인 2000년도의 못자리골 현황

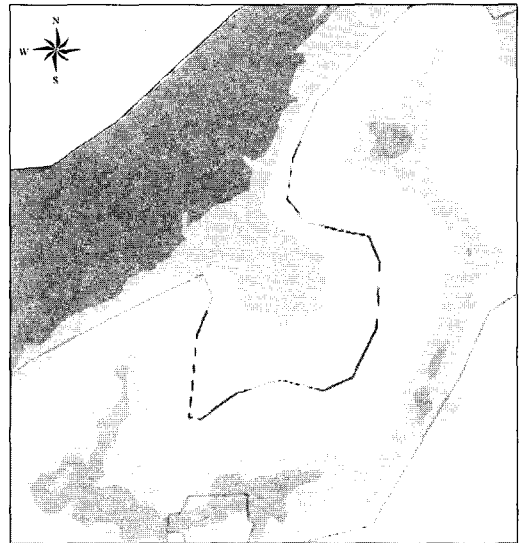


그림 8. 못자리골 표고분석도

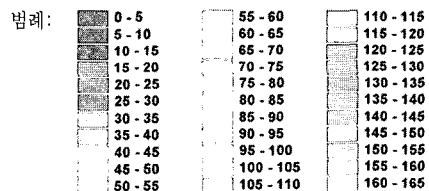




그림 9. 유역분석에 의한 지류의 예상 흐름도

2) 토지이용 분석

본 연구의 대상지인 못자리골은 개발 계획 이전 3개 마을이 입지하고 있었으며, 대부분의 토지이용 행태는 농경지로 이용되고 있었다. 개발이전 못자리골의 토지 이용현황은 표 2에서 보는 바와 같이 건축물과 도로에 의한 포장면적이 전체의 9%에 불과하고, 농경지와 자연녹지지역이 83.6% 이상 차지하고 있어 인근 도시지역에 비해 녹지가 양호하게 보전되어 왔음을 알 수 있다(그림 10 참조).



그림 10. 개발이전 못자리골 토지이용현황
 범례: 농경지, 건축물, 연못, 수로, 포장도로, 기타녹지

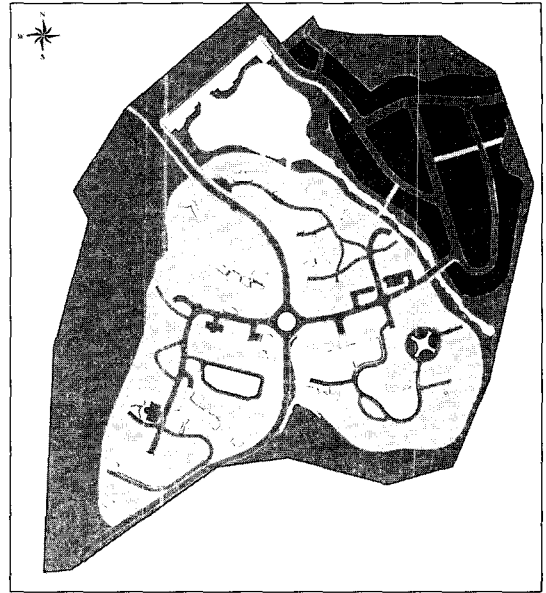


그림 11. 13, 14단지 일대(못자리골) 토지이용계획안
 범례: 건축물, 조경포장, 조경식재, 도로, 보도, 수로, 단독주택, 자연녹지

못자리골은 2개 단지 총 598세대, 단독주택지 76필지가 계획되어 있으며, 계획안에 의한 토지이용 변화를 개발 이전과 비교하여 살펴보면, 건축물 면적이 8,756m²에서 13,177m²로 개발 이전에 비해 12.7% 증가하였고, 도로, 보도, 조경포장 등 포장면적은 6,098.5m²에서 42,570m²로 전체 부지면적에서 포장면적이 차지하는 비율이 9.0%에서 35.9%로 증가하게 됨을 알 수 있다. 반면, 자연녹지 지역은 76,175m²에서 47,042m²로 대폭 감소한 점을 볼 수 있다. 더불어 지하주차장 개발로 인한 인공지반의 면적이 전체 부지중 42.1%에 달하게 되어 양호했던 개발 이전의 환경성이 개발로 인해 대상지내

표 2. 개발이전 못자리골 토지이용현황

토지이용현황	면적(m ²)	비율(%)
건축물	8,756.3	5.3
농경지	68,257.0	35.3
도로	6,098.5	3.7
수로, 연못	12,208.0	7.4
자연녹지	76,175.0	48.3
계	164,738.4	100

표 3. 못자리골 계획안 토지이용계획

토지이용계획	면적(m ²)	비율(%)	
건축물	13,177	18.0	
조경포장	10,631	16.5	
조경식재	31,734	19.9	
도로	23,546	14.3	
보도	8,393	5.1	
수로, 못	9,584	5.8	
단독주택	20,054	12.2	
자연녹지	47,042	29.3	
계	인공지반	69,294	42.1
	자연지반	95,444	58.9
	전체	164,738	100.0

자연적 물 순환 차원에서 큰 부분 변화가 있을 것으로 판단된다. 또한 개발 이전 수로와 연못이 새로운 계획안에 따르면 대폭 조정되었음을 알 수 있다(그림 10, 11 참조) 기본적으로 과거 연못이 위치한 지역에 생태습지를 조성하는 큰 틀은 유지하고 있지만, 개발이전 대상지 전역에 걸쳐 고루 분포하고 있던 작은 지류들을 대상지의 중심에 두 곳으로 모아 두는 계획안을 제시하고 있다. 이는 기존의 수계가 불투수 포장면으로 대체되고 조정되었음을 의미하므로 대상지의 강우시 유출량과 흐름 등에 영향을 줄 것으로 예상할 수 있다.

3. 지표 유출량 변화 분석

1) 설계 강우 강도

본 연구는 앞서 언급한 합리식법을 이용하여 토지이용에 따른 피복 특성에 따른 유출량을 예측하였다. 먼저 서울지역의 설계 강우강도는 순간 강우강도법 이용한 Chicago법(대한주택공사, 1994: 9)을 하였으며, 강

우지속시간을 60분으로 가정하고, 각각의 재현기간별 침투 강우사상을 500년 빈도까지 정리식을 통해 도출하여 유출량 산정의 기본 자료로 활용하였다(표 4 참조).

2) 강우 지표 유출량 분석

강우 지표 유출량을 산출하기 위해 합리식을 적용하였으며, 객관적인 비교 결과를 얻기 위하여 표 4의 서울지역 기준 지속시간 60분에 따른 강우강도를 동일한 강우유입인자로 설정하였다. 토지이용별 면적은 AutoCAD 2004(AutoCAD, 2004)를 통해 산출하였으며, 토지이용상태에 따른 유출계수는 표 5, 6에서 보는 바와 같다.

표 5. 개발이전 토지이용분류 및 유출계수 적용

분류	면적(km ²)	면적비율(%)	유출계수(C)
건축	0.00876	5.3	0.75
도로	0.00610	3.7	0.8
밭	0.05814	35.3	0.3
논	0.00168	1.0	1.0
하천	0.01053	6.4	1.0
자연녹지	0.07953	48.3	0.05
주변산지	0.31922		0.05

표 6. 개발계획안의 토지이용분류와 유출계수 적용

분류	면적(km ²)	면적비율(%)	유출계수(C)
건축	0.01317	8.0	0.75
보도	0.00839	5.1	0.75
도로	0.02354	14.3	0.80
조경포장	0.01063	6.5	0.70
조경식재	0.03273	19.9	0.50
자연녹지	0.04824	29.3	0.05
하천	0.00958	5.8	1.00
주택필지	0.02005	12.2	0.40
주변산지	0.31922		0.05

표 4. 서울지역 설계강우강도(단위: mm/hr)

지속시간(분) \ 재현기간(년)	2	3	5	10	20	30	50	70	100	200	300	500
	60	37.7	44.9	52.9	62.9	72.4	77.8	84.7	89.0	93.6	102.0	106.1

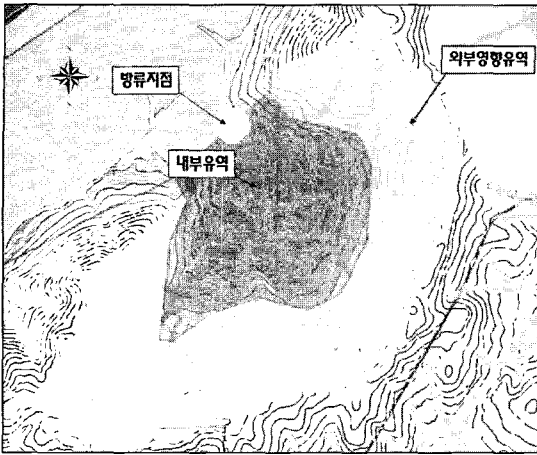


그림 12. 못자리골 대상지 내부유역과 외부영향유역의 위치

같은 유역에 속하며 대상지 외부에서부터 지표 유출량에 영향을 주는 주변 산지의 유출량을 산정하기 위하여 주변 산지 면적을 포함하였다(그림 12 참조).

개발 면적의 증가에 따라 강우 지표 유출량 또한 증가하고 있음을 표 7, 8을 통해 알 수 있다. 개발에 의한 포장면적의 증가로 유출량이 증가하고 있음은 쉽게 알 수 있다. 그러나 계획안의 조경식재 면적에서는 기존의 오픈스페이스에서 이루어졌던 유출량 저감 효과를 이루어지지 못하고 있음을 위 데이터를 통해 볼 수 있었다. 대체적으로 새로 포함된 조경면적에서 유출량을 저감시키는 기능을 담당하여야 하지만, 개발이전 총면적 대비 35%에 달하던 밭에서 2년 빈도 강우시 0.1825 m³/s를 유출한 반면에 개발계획안의 조경면적은 총면적 대비 20%이지만, 2년 빈도 강우시 0.1712m³/s를 유출함

표 7. 개발이전의 강우 지표유출량 산출 결과(단위: m²/s)

강우빈도(년)	2	3	5	10	20	30	50	70	100	200	300	500
건축	0.0687	0.0819	0.0966	0.1148	0.1321	0.1420	0.1545	0.1624	0.1708	0.1861	0.1935	0.208
도로	0.0510	0.0608	0.0717	0.0853	0.0982	0.1055	0.1147	0.1206	0.1269	0.1382	0.1438	0.1545
밭	0.1825	0.2174	0.2564	0.3050	0.3509	0.3772	0.4102	0.4313	0.4536	0.4941	0.5140	0.5524
논	0.0176	0.0209	0.0247	0.0294	0.0338	0.0363	0.0395	0.0415	0.0437	0.0476	0.0495	0.0532
하천	0.1101	0.1312	0.1548	0.1841	0.2118	0.2277	0.2476	0.2603	0.2738	0.2983	0.3103	0.3334
자연녹지	0.0416	0.0496	0.0585	0.0695	0.0800	0.0860	0.0935	0.0983	0.1034	0.1127	0.1172	0.1259
주변산지	0.1670	0.1990	0.2347	0.2791	0.3212	0.3452	0.3754	0.3947	0.4151	0.4522	0.4703	0.5055
계	0.6385	0.7608	0.8973	1.0672	1.2281	1.3199	1.4354	1.5091	1.5873	1.7291	1.7986	1.933

을 보이고 있다.

강우 유출량의 결과는 그림 12에서 지정한 동일 방류지점에서 1초당 유출되는 양으로 산출하였다. 두 결과 값을 비교하여 보면 표 9 및 그림 13에서와 같이, 계획(안)의 유출량이 개발 이전의 유출량보다 매우 높게 나타나고 있으며, 그림 13에서 보이는 바와 같이 2년 빈도 사상의 경우 개발 이전과 계획안의 유출량의 차이가 0.3533m³/s 정도 나지만, 최근 발생한 집중호우와 같은 500년 빈도사상의 경우에는 초당 유출량의 차이가 1.0695m³/s로 매우 크다는 것으로 분석되었다. 즉, 강우 발생에 의해 지표에 모이는 유출수가 포장면적의 증가에 따라 지하로 침투할 수 있는 여지가 적어지기 때문에 집중 호우시 완충역할을 해주는 지하 침투 기능이 개발 이전상태보다 취약해졌음을 알 수 있다.

4. 강우 유출량 감소를 위한 대안

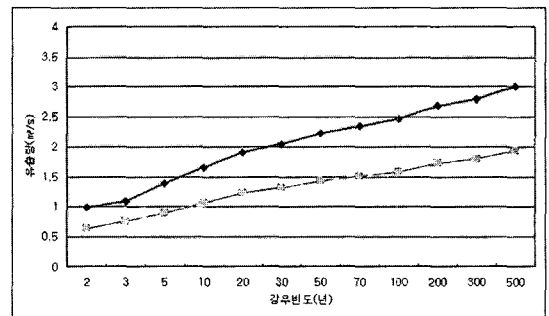


그림 13. 개발 이전과 개발 이후의 우수 유출량 비교

범례: —◆— 계획안, —□— 개발이전

표 8. 계획안의 강우 지표유출량 산출결과(단위: m³/s)

강우빈도(년)	2	3	5	10	20	30	50	70	100	200	300	500
건축	0.1034	0.1232	0.1453	0.1728	0.1989	0.2137	0.2324	0.2444	0.2570	0.2800	0.2912	0.313
보도	0.0659	0.0785	0.0926	0.1101	0.1267	0.1361	0.1481	0.1557	0.1637	0.1783	0.1855	0.1994
도로	0.1971	0.2348	0.2769	0.3294	0.3790	0.4074	0.4430	0.4658	0.4899	0.5337	0.5551	0.5966
조경포장	0.0779	0.001	0.1094	0.1301	0.1497	0.1609	0.1750	0.1840	0.1935	0.2108	0.2193	0.2357
조경식재	0.1712	0.204	0.2406	0.2862	0.3293	0.3539	0.3849	0.4047	0.4256	0.4637	0.4823	0.5184
자연녹지	0.0252	0.0301	0.0355	0.0422	0.0485	0.0522	0.0567	0.0596	0.0627	0.0683	0.0711	0.0764
하천	0.1003	0.1195	0.1409	0.1676	0.1928	0.2073	0.2254	0.237	0.2493	0.2715	0.2824	0.3035
주택필지	0.0839	0.1000	0.1179	0.1403	0.1614	0.1735	0.1887	0.1983	0.2086	0.2273	0.2364	0.2541
주변산지	0.1670	0.1990	0.2347	0.2791	0.3212	0.3452	0.3754	0.3947	0.4151	0.4522	0.4703	0.5055
계	0.9918	1.0900	1.3938	1.6577	1.9075	2.0502	2.2296	2.3441	2.4655	2.6858	2.7937	3.0025

표 9. 개발이전과 개발계획안의 지표유출량 비교(단위: m²/s)

강우빈도(년)	2	3	5	10	20	30	50	70	100	200	300	500
개발이전	0.6385	0.7608	0.8973	1.0672	1.2281	1.3199	1.4354	1.5091	1.5873	1.7291	1.7986	1.9330
계획안	0.9918	1.0900	1.3938	1.6577	1.9075	2.0502	2.2296	2.3441	2.4655	2.6858	2.7937	3.0025

본 연구에서는 연구대상지가 현재 시공 중임을 감안 하여, 은평뉴타운 못자리골 일대에 기존 계획안의 골격을 최대한 유지하며, 강우의 지하 침투율을 높일 수 있는 적합한 2가지 방법을 제시하고자 한다. 즉, 첫 번째로는 개발계획 대상지의 외부에서 조절하는 대안으로서 사방댐을 건설하는 방안과 두 번째로는 대상지 내부에서 조절하는 대안으로 조경시설면적의 침투 기능을 향상시키는 침투설비적용 방안을 제시하고자 한다. 나아가 두 가지 대안이 모두 적용되었을 경우 그 효과를 검증하였다.

1) 사방댐 건설안

상류유역의 소유역은 그림 14에서 보이는 바와 같이 소분수령에 의해 세분화 할 수 있다. 각각의 면적은 표 10에서 정리하였다. 사방댐의 단위용량은 각각 세분화한 소유역 면적과 이를 바탕으로 합리식을 이용한 유출량 결과를 적용하여 산출하였다. 유출량 산출에 적용한 유출계수는 자연녹지 및 산지 적용기준인 0.05이며, 설계 강우강도는 연구에서 제시하는 최대치인 500년

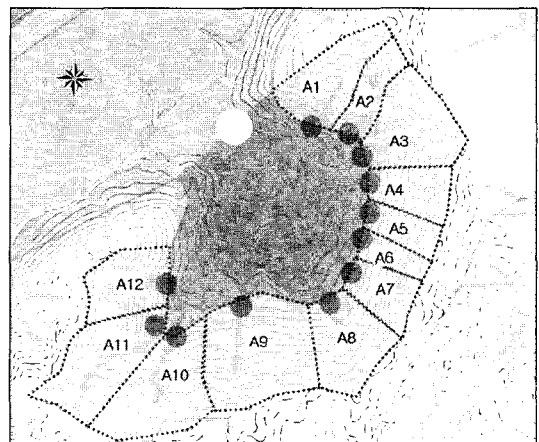


그림 14. 사방댐 건설 가능위치와 소유역구분도
 범례: {.....} 소유역 구분선 ● 사방댐 설치 가능 위치

빈도 강우강도가 1시간 동안 유지되었을 경우를 적용하였다.

사방댐의 위치로 적합한 곳은 그림 14의 대상지 경계부의 작은 원과 같다. 이 위치에 사방댐을 설치하게 되면, 500년 빈도 강우가 1시간 동안 지속될 경우, 발생



그림 15. 사방댐 설치 사례-일본 룩코산

표 10. 유역별 사방댐 용량 산정

소유역구분	면적(km ²)	단위용량(m ³ /s)	용량(m ³ /hr)
A1	0.0086	0.0140	49.2
A2	0.0100	0.0160	57.1
A3	0.0100	0.0160	57.3
A4	0.0257	0.0410	146.4
A5	0.0135	0.0210	77.1
A6	0.0084	0.0130	47.9
A7	0.0103	0.0160	58.9
A8	0.0285	0.0450	162.5
A9	0.0245	0.0390	139.7
A10	0.0178	0.0280	101.3
A11	0.0256	0.0410	145.9
A12	0.0202	0.0320	115.2
계	0.2032	0.3220	1158.7

시 1시간에 모든 사방댐에서 총 1,158.7m³를 저류할 수 있게 된다. 비단 홍수뿐만 아니라 평소에 발생하는 강

표 11. 사방댐 도입 후 유출량 개선 효과

빈도(년)	2	3	5	10	20	30	50	70	100	200	300	500
계획안 유출량(m ² /s)	0.99	1.09	1.39	1.66	1.91	2.05	2.23	2.34	2.47	2.69	2.79	3.00
도입 후 유출량(m ³ /s)	0.67	0.77	1.07	1.34	1.59	1.73	1.91	2.02	2.14	2.36	2.47	2.68
개선효과(%)	32.4	29.5	23.1	19.4	16.9	15.7	14.4	13.7	13.1	12.0	11.5	10.7

우사상의 경우에 상류에서 일시적으로 저류한 후 일정 시간에 걸쳐 증발 또는 지하로 침투시킬 수 있기 때문에 그 만큼 강우 발생시 개발지역은 유출수에 대한 부담을 덜 수 있게 된다. 사방댐을 상류에 설치할 경우에 개발지역에서 볼 수 있는 각 강우강도별 지표 유출량 변화 및 못자리골의 지표유출량 저감 효과는 표 11 및 그림 16과 같다.

2) 침투설비 적용안

침투통과 침투관을 설치하는 방안으로서 이 경우에는 설비의 특성으로 인해 옥외 공간에 대한 대대적 공사 필요없이 지표 유출량을 저감하는 효과가 크기 때문에 현재 시공 중인 계획안의 골격을 유지하면서 적용하기에 적절한 대안이 될 수 있다. 연구 결과에 따르면 침투통과 침투관을 설치할 경우 단지 내부의 강우시 유출량을 산출한 결과는 표 12와 같으며, 총 지표 유출량의 89% 감소, 침투시 지표 유출량은 67% 가량 감소하는 효과를 얻었다고 하고 있다. 즉 옥외조경시설 및 도로, 보행로 주변에 침투설비를 설치하여 지표 유출수의 침투능력을 증대시킨다면, 개발지역의 지표 유출에 대한 부담을 단지 내부적으로 충분히 해소할 수 있는 가능성이 시사한다고 할 수 있다¹⁾.

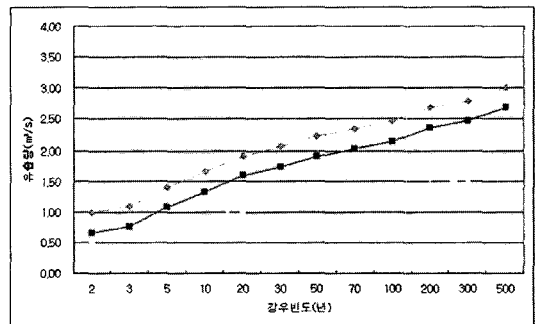


그림 16. 사방댐 도입시 유출량 개선 효과 추이
 범례: —■— 계획안, —●— 사방댐 도입후, —▲— 개발이전

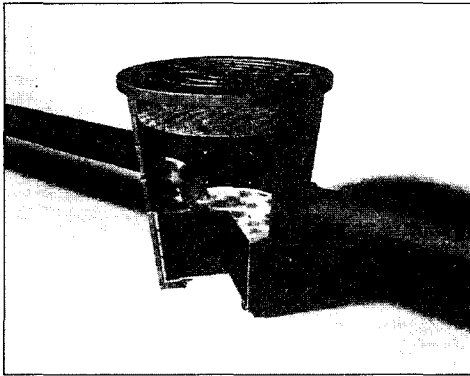


그림 17. 침투통의 예
자료: 서안환경설계연구소, 2001

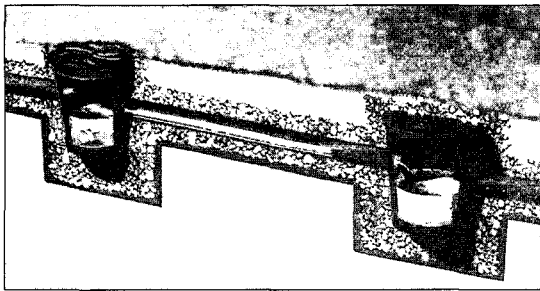


그림 18. 침투통과 침투관의 적용 예
자료: 서안환경설계연구소, 2001

표 12. 침투시설 설치시 유출량 감소 효과

구분	총유출량 (m ³)	침투시간 (분)	침투시 유출량(m ³ /s)
침투시설 설치 없을 경우	9,245.82	530	0.261
침투시설 설치할 경우	943.18	530	0.084
침투량 (증감율)	8,302.63 (89%)	530	0.177 (67%)

자료: 서안환경설계연구소, 2001

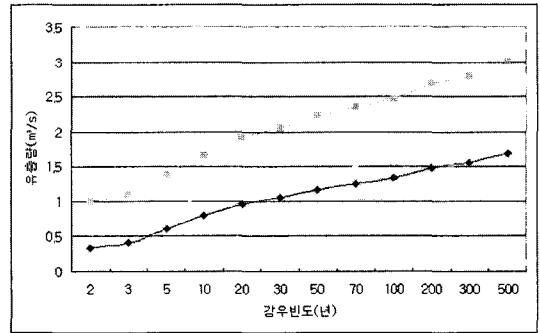


그림 19. 대안의 통합적 적용 결과
범례: —△— 개발이전, —□— 계획안, —◆— 통합적용

3) 통합 적용방안

사방댐 설치 대안은 대상지 외부에 설치하여 대상지로 유입되는 유출량을 저감시키는 1차적 장치로서 활용 가능하며, 침투 설비는 대상지 내부에서 강우 유출 저감 장치로서 옥외 공간에 매설만 하면 되므로 그 적용이 용이하다. 두 가지 대안이 갖고 있는 기능적 장점은 현재 계획되어 있는 물리적 공간 구성을 변경할 필요성이 극히 적다는 것이다. 두 대안을 모두 적용시켰을 경우에 지표 유출량의 변화는 표 13과 그림 19에서 보는 바와 같이 개발 이전보다 유출량을 더 줄일 수 있는 것으로 분석되었다. 즉, 대안을 적용하기 전 10년 빈도 강우시 유출량과 두 가지 대안을 적용시켰을 경우 500년 빈도 강우시의 유출량이 비슷한 수준으로 분석되었다.

결과적으로 두 가지 대안을 동시에 적용할 경우, 못자리골이 속한 소유역 전역에서 유출량 조절이 가능하게 되고, 토양으로의 침투능력을 신장시켜 개발 이전 상태보다 더 많은 양의 지표 유출수를 지하로 침투시킬 수 있음을 의미하며, 100년 빈도 이상의 집중호우에 대한 완충능력을 갖게 되므로 홍수 발생 위험성도 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

표 13. 대안의 통합적 적용시 유출량의 결과(단위: m²/s)

강우빈도(년)	2	3	5	10	20	30	50	70	100	200	300	500
개발이전	0.6385	0.7608	0.8973	1.0672	1.2281	1.3199	1.4354	1.5091	1.5873	1.7291	1.7986	1.9330
계획안	0.9918	1.0900	1.3938	1.6577	1.9075	2.0502	2.2296	2.3441	2.4655	2.6858	2.7937	3.0025
대안통합 적용시	0.3430	0.4080	0.6120	0.7890	0.9560	1.0520	1.1720	1.2490	1.3300	1.4780	1.5500	1.6900

V. 결론

생태적 부분에 있어 가장 근본적인 역할을 하고 그 체계적 흐름을 매개시킴에 있어 중심이 되는 것은 물이라고 할 수 있다. 물론, 도시 개발지역에서도 그 역할은 여전하다. 지역 개발은 도시 성장에 있어 필수 불가결한 부분이기 때문에 환경 보전만을 위해 개발을 막을 수는 없으나, 그 대안으로서 개발 이전의 생태시스템을 유지할 수 있는 공간적 대안을 제시할 수 있다. 본 연구의 결과에서 보는 바와 같이, 계획안을 그대로 유지하더라도 침투 확보를 위한 설비가 추가적으로 고려될 경우 강우 유출량 저감 효과를 충분히 볼 수 있었다.

이미 시공 중인 계획안 전부에 대해서 재구성한 대안을 제시하기에는 연구의 한계성이 있기 때문에 본 연구에서는 계획안을 그대로 유지하면서 대상지 외부로 유출되는 양을 줄일 수 있는 대안을 제시하였다. 그 결과로서 유역 차원에서 유출량 조절을 할 수 있는 사방댐건설안과 공동주택의 옥외 조정 공간, 도로, 보행로 등지에 단순 매설을 통해 유출량 저감 효과를 극대화시킬 수 있는 침투 설비 안을 검토하였다. 각각의 개별적인 효과가 있음을 결과를 통해 알 수 있었으며, 두 가지 대안이 동시에 접목될 경우 개발 이전 상태보다 더 나은 유출량 저감능력을 갖게 됨을 파악하였다.

불투수 포장면적의 확대와 기존에 있던 수로의 직선화, 단순화는 차후 계획안을 마련할 때 반드시 지양해야 할 사안이다. 앞으로 공간을 조성함에 있어 이러한 기존 현황에 대한 고려가 되지 않은 문제점들이 복합적으로 남겨지게 된다면, 인간과 환경이 어울리는 생태적인 도시환경을 조성하는데 있어 걸림돌이 될 것이다. 따라서 친환경, 생태적인 단지를 표방하는 계획안을 제시할 경우, 개발 이전 상태를 사전에 조사하여 당시까지의 생태적 연계성을 먼저 파악하여야 할 것이다. 특히 개발지역에 있어서 물은 변화 가능성이 매우 높은 요소이기 때문에 다른 어떤 요소보다도 우선적으로 고려하

여야 할 민감한 생태인자라는 사실을 명심해야 한다.

본 연구는 유출량 분석을 실제 실험에 의하지 않고 문헌조사와 기존 데이터에 의한 점, 대안 중 침투설비 적용(안)의 경우 대상지여건에 따른 적용 수준을 고려하지 않은 점은 한계점으로 지적할 수 있겠으나, 단지 개발 시 우수 유출량 저감을 위한 실증적 자료를 제공하였다는 점은 의미가 있다고 할 수 있다.

- 주 1. 서안환경설계연구소(2001)의 연구는 공동주택 단지를 대상으로 옥외 조정식제공간 및 도로, 인도 변 등에 우수 침투시설을 설치하였을 때의 효과를 직접 실험을 통해 검증한 결과를 갖고 있다.

인용문헌

1. 권경호(1999) 유출수 저류·침투를 위한 자연배수체계 설계 지침에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
2. 김두하, 박원규, 안동만(1997) 단지개발에 있어 강수량 지하 침투 증대를 위한 침투시설의 도입 가능성 연구. 한국조경학회지 25(1): 62-72.
3. 대한주택공사(1994) 택지개발지구의 수리해석 기법 연구.
4. 서안환경설계연구소(2001) 친환경적 단지 조성을 위한 우수 관리기술 및 공법 개발 연구.
5. 서울시정개발연구원(1995) 우수유출을 저감 대책.
6. 이원환(1980) 도시하천 및 하수도 개수계획상의 계획강우량 설정에 관한 추계학적 해석. 대한토목학회논문집 28(4): 81-94.
7. 조원철, 서규우(1998) 도시수문학. 서울: 엔지니어즈.
8. 최지용, 장수환(2003) 유역관리 효율화를 위한 불투수면 지표 개발과 적용 I, II. 한국환경정책·평가연구원 보고서.
9. 한국토지개발공사(1993) 공원 녹지 지표연구.
10. 홍창선, 백경원, 심우배(2002) 대학과정 수문학. 서울: 일진사.
11. Peretti, G. and F. L. Rocca(2000) The water 'in' and 'around' the building: the integration between bioclimatic, water-saving, and aesthetic aspects. Renewable Energy 19: 1-5.
12. Kim, T. J.(2004) Determination of Urban Runoff Using ILLUDAS and GIS. Austin: Texas A&M.
13. Marsh, W. M.(1991) Landscape Planning. New York: Addison-Wesley.
14. <http://earth.google.com>
15. <http://www.congnamul.com>
16. <http://www.eunpyeong.seoul.kr>