

산지형 도시근린공원의 배수시설 특성

- 서울시 배봉산공원과 오금공원을 사례로 -

이상석

서울시립대학교 조경학과

A Study on Drainage Facilities in Mountainous Urban Neighborhood Parks - The Cases of Baebongsan Park and Ogeum Park in Seoul -

Lee, Sang-Suk

Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze drainage facilities in mountainous urban neighborhood parks--Baebongsan Park and Ogeum Park--in Seoul. Based on an analysis of existing drainage facilities, the volume of storm water runoff (VSW), the runoff rate of open channels(ROC), and the detention capacity of open channels(DCOC) by each drainage watershed, the coefficient of runoff rate(CROC) as evaluated to be relevant between VSW and ROC and the coefficient of the detention capacity of open channels(CDCOC) as evaluated with DCOC compared to VSW were estimated and analyzed by parks and by watersheds. The results are as follows:

1. The total drainage area of Baebongsan Park was 34.13ha including surface runoff area(15.05ha; 44.09%), open channel area(14.60ha; 42.78%), and natural waterway area(4.48ha; 13.13%). The total drainage area of Ogeum Park was 20.39ha including open channel area (10.14ha; 49.73%), ridge-side gutter area(7.17ha; 35.16%), surface runoff area (2.52ha; 12.36%), and natural waterway area (0.56ha; 2.75%). In Baebongsan Park, the portion of surface runoff was comparatively higher while the portion of artificial drainage area was higher in Ogeum Park.
2. In Baebongsan Park drainage districts were largely divided: VSW was 7.28m³/s in total(average 0.23m³/s). Comparatively, the VSW in Ogeum Park, including smaller drainage districts, was 4.37m³/s in total(average 0.12m³/s).
3. The ROC of Baebongsan Park was 11.58m³/s in total(average 0.77m³/s) and the CROC was 5.26, while in Ogeum Park, the ROC was 15.40m³/s(average 0.34m³/s) and the CROC was 8.87 higher than that of Baebongsan. Because the size and slope of the open channel in Baebongsan Park was higher, the average ROC was larger, while the CROC of Ogeum Park was higher than that of Baebongsan Park, for the VSW in Ogeum Park was comparatively lower.
4. The DCOC in Baebongsan Park was 554.54m³ and the average of CDCOC was 179.83. That of Ogeum Park was 717.74m³ and the average of the CDCOC was 339.69, meaning that the DCOC of Ogeum Park was so much higher that drainage facilities in Ogeum Park were built intensively.

Corresponding author: Sang-Suk Lee, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea, Tel.: +82-2-2210-5775, E-mail: sanglee@uos.ac.kr

This study was focused on the capacity of the drainage facilities in mountainous urban neighborhood parks by using the CROC to evaluate relevance between VSW and ROC and the CDCOC to evaluate the DCOC as compared with VSW. The devised methodology and coefficient for evaluating drainage facilities in mountainous urban neighborhood parks may be universally applicable through additional study. Further study on sustainable urban drainage systems for retaining rainwater in a reservoir and for enhancing ecological value is required in the near future.

Key Words: Storm Water Runoff, Runoff Coefficient, Open Channel, Watershed, Sustainable Urban Drainage System

국문초록

본 연구는 서울시에 있는 산지형 도시근린공원을 대상으로 하여 배수시설의 특성을 밝히는 것이다. 구체적으로는 배수현황, 우수유출량, 배수유출량, 그리고 배수시설용량을 산출하고, 우수유출량과 배수유출량을 비교분석을 위해 배수유출량계수를 산출하고 배수시설의 설치규모를 분석하고자 배수시설용량계수를 도출하여 배수구역 및 공원별로 비교분석하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

1. 배봉산공원의 전체배수면적은 34.13ha로서 배수유형별로는 표면배수구역 15.05ha(44.09%), 개수로배수구역 14.60ha(42.78%), 자연수로배수구역 4.48ha(13.13%)를 차지하고 있어, 상대적으로 표면배수구역이 넓어 자연상태의 표면유출이 많았다. 한편, 오금공원의 전체배수면적은 20.39ha로서 표면배수구역 2.52ha(12.36%), 자연수로배수구역 0.56ha(2.75%), 개수로배수구역 10.14ha(49.73%), 산마루측구배수구역 7.17ha(35.16%)를 차지하고 있어 상대적으로 인공적인 배수시설구역이 높게 나타났다.
2. 배봉산공원의 총우수유출량은 7.28m³/s로서 배수구역별 우수유출량 평균은 0.23m³/s이며, 각 배수구역은 규모가 크고 길어서 우수유출거리가 크게 나타났다. 한편, 오금공원의 총우수유출량은 4.37m³/s로서 배수구역별 우수유출량 평균은 0.12m³/s로 배봉산공원에 비해 절반 정도로 나타났으며, 지형의 기복이 뚜렷하지 않고 배수시설이 많아 배수구역이 작게 세분되었다.
3. 배봉산공원에 개수로가 설치된 배수구역의 전체 배수유출량은 11.58m³/s이고, 배수구역별 평균배수유출량은 0.77m³/s, 평균배수유출량계수는 5.26이었다. 한편, 오금공원은 전체 배수유출량은 15.40m³/s이고, 배수구역별 평균배수유출량은 0.34m³/s, 평균 배수유출량계수는 8.87로 나타났다. 배봉산공원은 배수구역별로 개수로의 규모와 경사 등이 커서 상대적으로 평균 배수유출량이 높게 나타났지만, 배수유출량계수는 배수구역별 우수유출량이 적은 오금공원보다 상대적으로 낮게 나타났다.
4. 배봉산공원의 전체 배수시설용량은 554.54m³로서, 배수시설용량계수는 평균 179.83으로 나타났다. 한편, 오금공원은 전체 배수시설용량은 717.74m³로서, 배수시설용량계수는 평균 339.69로 나타났다. 오금공원이 배수시설용량계수가 훨씬 높게 나타나 상대적으로 오금공원에서 배수유역별로 설치된 배수시설의 총량이 많으며, 집약적으로 설치된 것임을 의미한다.

본 연구에서는 자연적이고 조방적인 배수체계로 조성된 배봉산공원과 인공적이고 집약적인 배수체계로 조성된 오금공원을 대상으로 하여 배수유출량계수와 배수시설용량계수를 산정하여 비교분석함으로써 산지형 도시공원의 배수시설의 특성을 규명하였으며, 향후 공원의 배수유출량과 배수시설용량을 비교분석하기 위한 방법론을 제시하였다. 본 결과는 도시공원의 배수시설 계획 및 설계와 우수의 저류 및 생태적 가치를 증진시키는 친환경적인 배수체계를 구축하는 자료로 활용될 수 있다. 도시공원의 배수시설 특성은 지형 및 경사, 식생, 배수유형 등에 영향을 받게 되어 공원에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로 향후 더욱 많은 공원을 대상으로 한 연구와 공원에서 우수를 저류하고, 생태적 가치를 증진시키는 친환경적인 배수체계 및 방법에 관한 연구가 필요하다.

주제어: 우수유출량, 유출계수, 개수로, 배수유역, 지속가능한 도시배수체계

I. 서론

도시지역은 고밀도로 개발되어 점차적으로 자연지역을 찾기 어렵게 되었다. 서울시에 분포하는 산지형 도시근린공원은 도시에서 찾아보기 드문 소중한 도시생태계의 거점으로서 시민들의 여가활동 공간뿐만 아니라 도시 수원의 발원지로서 강우에 의한 우수 유출이 일어나는 시점이기도 하다.

지금까지 도시 및 지역 차원에서 우수의 유출과 관련된 모형을 개발하거나 지역별 강우특성 및 확률강우강도식을 개발하기 위한 다수의 연구가 진행되었다. 본 연구와 관련해서는 지표수의 흐름 모형을 제안하거나(Lal *et al.*, 1998) 포장지역의 유출계수를 산정하고(강신권과 김태균, 2008), 자연하천유역의 산지유역의 합리적 유출계수를 제시하는 연구(김지호 등, 2004)가 있었으며, 배수시설에 대한 연구로는 임도의 배수시설의 종류별 장단점에 대한 개괄적 비교분석한 연구(이호상 등, 2004), 임도변 배수시설의 침식과 안정성에 관한 연구(이해주 등, 2000), 도시 배수시설의 문제점과 중요한 요인을 개괄적으로 기술한 연구(Molzahn and Burke, 1986) 등이 진행된 바 있다. 최근 친환경적인 도시배수체계에 관한 연구가 다수 이루어지고 있는데, 도시우수의 환경적, 경제적, 사회적 가치를 높이기 위하여 지속가능한 도시배수체계(Sustainable Urban Drainage System: SUDS)를 구성하기 위한 설계방법을 제안하거나(Kennedy *et al.*, 2007), SUDS를 이용하여 표면수의 흐름을 조절하기 위한 배수계획에 대한 연구(John and Macdonald, 2006) 등이 있었으며, 도시에서 우수유출량 조절을 위한 저류시설의 수리적 모형을 수립(Chen and Adams, 2005)하거나 적용방안(김영란, 2004) 등에 관한 연구가 이루어진 바 있다. 그러나 산지형 도시근린공원의 우수유출량이나 배수시설의 특성 및 규모를 분석한 연구는 이루어진 바 없다.

본 연구는 서울시에 있는 산지형 도시근린공원을 대상으로 하여 배수시설의 특성을 밝히는 것이다. 구체적으로는 배수현황, 우수유출량, 배수유출량, 그리고 배수시설용량을 산출하고, 우수유출량과 배수유출량을 비교분석하기 위해 배수유출량계수를 산출하고 배수시설의 설치규모를 분석하고자 배수시설용량계수를 도출하여 배수구역 및 공원별로 비교분석하였다. 연구결과는 산지형 도시공원의 배수시설 계획 및 설계와 우수의 저류 및 생태적 가치를 증진시키는 친환경적인 배수체계를 구축하는 자료로 활용할 수 있다.

II. 연구방법

1. 대상지 특성

본 연구는 서울에 있는 산지형 도시근린공원을 대상으로 하

며, 객관적이고 효율적인 조사분석을 위해 다음의 기준을 토대로 대상지를 선정하였다. 첫째, 근린생활권 및 도보권 근린공원은 대부분 규모가 작은 평지형이고, 광역권 근린공원은 산지형이지만 규모가 1,000,000m² 이상으로 방대하고 서울시 및 경기도, 여러 구에 걸쳐 있어 조사분석의 효율성이 낮으므로 제외하였으며, 규모가 100,000m² 이상인 도시지역권 근린공원을 대상으로 하였다. 둘째, 공원 경계가 명확하여 배수유출지점을 정확하게 파악할 수 있고, 공원부지 내 건축물이나 운동장 등 시설물이 많지 않아 배수유역을 구분하기 용이한 곳으로서 시가지로 둘러싸여 있는 산지형 근린공원을 연구의 대상으로 하였다. 마지막으로 도시공원은 조성과 미조성 상태에 따라 시설수준이 차이가 있으므로 대상지는 두 가지 유형을 포함하도록 하였다.

2010년 1월 현재 서울의 공원은 전체 2,531개소 169.05km², 도시공원은 1,965개소 113.75km²로서, 근린공원은 382개소 43.09km²(<http://parks.seoul.go.kr/park/common/etc/park001.jsp>)이며, 이 중에서 도시지역권 근린공원은 70개소이다. 도시지역권 근린공원은 조성형이 52개소, 미조성형이 18개를 차지하고 있으며, 평지형이 10개소, 산지형이 60개소이다. 산지형 도시지역권 근린공원을 대상으로 배수유출지점을 명확하게 파악하고, 배수유역을 용이하게 구분하기 위해 공원경계가 불명확하고 인공적인 시설이 과다한 것을 제외한 결과, 종로구 낙산공원, 동대문구 배봉산공원 및 답십리공원, 서대문구 불광공원, 신사공원, 공동공원, 마포구 성산공원 및 용왕산공원, 강서구 갈산공원 및 우장공원, 관악구 장군봉공원, 강남구 도곡공원, 송파구 오금공원 등 13곳이 사례로 나타났다. 이 중에서 계획적으로 조성된 시가지에 위치한 조성형으로 송파구 오금공원과 기존 시가지에 위치한 미조성형으로 동대문구 배봉산공원을 연구대상으로 선정하였다.

배봉산공원은 1977년 건교부 결정고시에 의해 공원으로 지정되었고, 1992년 조성된 동대문구의 유일한 산지형 공원으로 일부 도시계획시설 사업이 시행되지 않고 토지보상이 완전히 이루어지지 않아 23.9%의 미집행율을 나타내고 있는 미집행 근린공원이다. 공원의 높이는 해발 110m, 면적 217,480m²이며, 지역녹지의 핵으로서 생태적 가치가 높은 근린공원이다(서울특별시, 2007: 90). 이 공원은 남북으로 길게 형성되어 있으며, 남측에 도로가 인접한 것을 제외하고는 대부분 단독 및 연립주택과 경계를 이루고 있다. 실제로 배수지역은 부지의 경계나 행정적 경계를 뛰어 넘어 자연지형에 따라 결정되므로(최기수와 이상석, 2003: 229) 공원면적과 배수면적이 달라지는데, 배봉산공원과 같은 미집행 도시공원의 경우 이러한 현상이 더욱 심해지게 된다. 이러한 점을 고려하여 배봉산공원에서 미집행된 일부 사유지 및 인접한 녹지를 포함하여 배봉산공원의 배수지역을 재설정하였으며, 전체 341,330m²에 달하는 지역을 연

구대상으로 하였다.

한편, 오금공원은 해발 60m 정도의 나지막한 야산으로 송파 지역의 개발을 위한 구획정리로 인하여 1977년 건교부 결정고시에 의해 공원으로 지정되었고, 1990년 근린공원으로 조성되었으며, 면적은 219,500㎡이다. 공원은 'L'자 모양으로 형성되어 있고, 남서측과 북서측은 대로로 구획이 되고 맞은편에 상업지역이 위치하고 있으며, 남동 및 북동측은 단지 내 도로로 구획이 되고 고밀도 주거지역이 인접하여 있다. 오금공원은 배봉산공원과 달리 조성형 공원으로 공원면적과 배수면적이 거의 일치하며, 공원에 위치한 배수지와 일부 시설 면적을 조정하여 203,850㎡에 달하는 지역을 연구대상으로 하였다.

2. 배수체계 조사

1) 배수경계 및 배수구역의 구분

대상지는 서울시 GIS포털 시스템(<http://gis.seoul.go.kr/>)에서 제공되는 공원의 경계를 기준으로 하였으나, 공원에 속하지만 독립적인 배수체계를 갖는 시설지를 제외하고, 공원에 속하지 않더라도 실제 배수지역에 포함되는 주변의 임야를 포함하여 배수경계를 결정하였다. 또한, 대상지의 배수구역은 기본적으로 1/5000지형도를 사용하여 계곡과 능선을 기본단위로 하는 배수유역으로 구분하고, 일부 배수유역에서 우수가 분리되어 다른 배수시설로 배수되는 경우 추가적으로 배수구역으로 세분하였다. 이러한 구분에 의해 배수유역 및 구역별로 면적을 구하였다.

2) 배수유형의 구분

자연지역에서 배수체계는 표면흐름, 자연수로, 개수로배수 단계로 구분되는데(Storm *et al.*, 2008: 241), 제한적으로 관거배수가 추가적으로 설치되기도 한다. 한편, 능선과 계곡을 따라 작은 규모로 배수유역이 구분되는 산지형 근린공원에서는 단일 배수유형이 채택되는 경우가 많다. 본 연구에서는 배수유형을 표면유출, 자연수로, 개수로, 관거배수 등으로 구분하여 조사하였다. 여기서 표면유출은 배수구역에 별도의 배수시설이 없이 우수가 공원경계부로 유출되는 경우, 자연수로는 배수유역 내 계곡이 뚜렷하게 형성되어 강우시 우수가 계곡을 따라 흘러 공원경계부로 집수되는 경우, 개수로는 배수구역에 인공적인 개수로가 설치되어 우수가 배수되는 경우, 관거배수는 암거로 우수가 배수되는 경우로 구분하였다. 또한, 배봉산공원의 일부 배수구역에서 동일 배수로에 차집수로와 개수로가 복합 설치되는 경우와 오금공원에서 개수로의 유형으로서 자주 나타나는 산마루측구를 세분하여 분류하였다.

3) 현황조사

이러한 배수구역 및 배수유형의 구분에 근거하여 1/5000 지

형도를 사용하여 2010년 3월 5일에서 13일까지 예비조사를 통하여 배수경계 및 배수구역을 확인하고, 개략적인 배수시설에 대한 조사를 시행하였다. 이어서 2010년 5월 10일부터 7월 13일까지 본 조사를 시행하였으며, 대상지별 배수체계, 배수구역의 구분, 토지이용, 그리고 배수지역별 배수시설에 대하여 조사하였다. 배수시설에 대한 조사에서는 배수시설의 재료 및 종류, 규격, 형태를 현장에서 측량하였으며, 이것을 배수유출량 및 배수시설용량을 산정하기 위한 자료로 활용하였다.

3. 배수구역별 우수유출량 산정

우수유출량 산정을 위한 공식으로는 합리식, 경험식, SCS 합성수문곡선법(Soil Conservation Service Composite hydrograph method) 등이 있다(서울특별시, 2002: 4-40). 합리식은 80ha미만의 작은 배수지역에서 최대 유출량을 산정하기 위해 가장 널리 사용되는 공식(Storm *et al.*, 2008: 212)이며, 경험식은 특정 지역의 우수유출 관측자료를 기준으로 작성된 것으로 배수지역의 지형, 지세를 고려한 특정계수가 산정되어야 적용할 수 있다. 또한, 미국 농무성 토양보전국에서 만든 SCS 합성수문곡선법은 2,600ha이내의 넓은 지역의 침투 홍수량 및 홍수유출 수문곡선을 작성하는데 사용되며(서울특별시, 2002: 4-36~40), 유출수문곡선값(Runoff Curve Number: CN)이 주된 결정변수로서 토지유형별로 제시된 CN값이 있어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 도시 소유역 및 산지 계류부에서 침투유량을 결정하는데 널리 사용되고 있으며(서울특별시, 2009a: 3-35), 환경부와 서울시에서 최대계획우수유출량을 산정하는데 적합한 것(서울특별시, 2002: 4-41; 환경부, 2005: 28)으로 제안하고 있는 합리식을 사용하였다. 합리식에서는 유출계수, 강우강도, 배수면적이 우수유출량을 결정하는 주요한 변수가 되는데, 다음을 기준으로 산정하였다.

1) 유출계수

유출량과 강우량과의 비율을 나타내는 유출계수는 기후, 지세, 지표상태, 강우강도, 강우계속시간, 강우량 등에 영향을 받아 다양하게 변화한다(최기수와 이상석, 2003: 239). 이와 같이 유출계수는 토지이용, 지표상태, 경사, 토양 등에 따라 달라지는데, 급경사지에서는 유출계수가 커지고 평탄지역이면 적게 되며, 초지보다 포장지역에서 커지고 선행강우로 토양이 습윤 상태이면 유출계수가 커지게 된다. 국내에서 적용되고 있는 유출계수로서 국토해양부(2009) 「하천설계기준」에서는 재현기간 5~10년에 적용할 수 있는 토지이용도에 따른 유출계수 및 보정값을 제시하고 있으나, 산림지형의 경사와 토양조건이 고려되지 않았으며, 환경부(2005) 「하수도시설기준」 및 서울특별시(2002)의 기준도 상세한 지형의 변화를 반영하지 못하고

서로 값의 편차가 크다. 본 연구 대상지는 경사율 30% 미만의 경사형 산림녹지로 구성되어 있어 경사도 30% 미만인 산림을 대상으로 경사도 및 토성에 따라 상세하게 제시된 유출계수 (Storm *et al.*, 2008: 214)를 적용하였으며, 관련기준을 참고로 활용하였다(표 1 참조).

유출계수의 적용을 위해 배수구역별 경사율을 구하였으며, 경사율 산정은 등고선 간격 1m 단위로 작성된 서울시 1/1000 수치화지도 표고자료를 활용하였다. 경사분석은 우선 수치지도 내 표고값을 지닌 레이어를 추출한 후 Arcview GIS 3.3을 이용하여 Tin을 생성하였고, 이를 토대로 3×3m 간격으로 그리드를 설정한 후 각 셀별 평균경사도를 산정하였으며, 배수구역에 해당되는 각 셀의 경사도를 평균하여 배수구역별 경사도를 구하였다. 또한 토성의 구분은 농업과학기술원(2000)에서 제시한 토성 간이측정법의 하나인 현장 토성판별법¹⁾을 적용하여 배수 구역별 토성을 판별하였다. 이와 같이 배수구역별 토지이용, 경사, 토성을 복합적으로 고려하여 유출계수를 선정하였으며, 단일배수구역에서도 토지이용이 다른 경우에는 각각의 면적비율과 유출계수를 곱하여 구한 평균유출계수를 적용하였다.

2) 강우강도

합리식에서 우수유출량을 산정하기 위해 사용되는 강우강도는 강우강도식을 사용하여 구하는데, 우리나라에 적용도가 높은 공식으로는 Sherman형, Talbot형, Japanese형이 있다. 서울

시에 대한 강우강도 공식은 전문기관이나 개인의 연구를 통하여 다양한 공식이 개발되었는데, 서울시와 한국수자원학회(1999)가 함께 제작한 '98 수해백서'에서 추천한 강우강도식과 서울시 남산물관리사업 기본 및 실시설계보고서(2009)에서 제시한 강우강도식이 대표적이다(서울특별시, 2002: 4-41~43; 2009b: 3-31~35). 특히, 후자의 자료는 가장 최근의 것으로 서울기상대의 1961년부터 2008년까지의 48개년 강우자료를 토대로 하여 작성된 것으로 지속시간별 확률강우량을 구하고, 확률강우량을 강우강도로 변환시킨 후 최소자승법을 이용하여 확률년별 강우강도-지속시간 관계식을 구하였으며, 유도된 식과 원래 자료치와의 상관계수를 계산하여 최대값을 가지는 식을 그 지점의 강우강도식으로 정하였다.

강우강도 산정 시 강우지속시간은 통상적으로 유역의 집중 시간 또는 유달시간을 채택하며 강우지속시간이 강우강도 및 침투홍수량에 미치는 영향이 크므로 유달시간 산정시 세심한 주의가 필요한데, 본 대상지와 같은 산지 계곡형 수로는 유달시간이 매우 짧아 단기간의 강우지속시간인 10분을 적용하였다. 또한, 강우강도 산정을 위한 확률년수는 경제적인 면과 방재적인 면이 서로 상반되는 관계로서 지역의 중요도, 배수구역의 크기 등 여러 여건을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다. 환경부(2005) 「하수도 시설기준」에서는 확률년수를 보통 5~10년을 원칙으로 하고 있는데(환경부, 2005: 28), 서울시에서는 지선 하수관거에서는 확률년수 5년, 간선 하수관거에서는 확률

표 1. 유출계수

토지이용	기준		하천설계기준 ^b		하수도정비기본계획 ^c		Storm <i>et al.</i> (2008)			
	하수도시설기준 ^a									
지붕	0.85~0.95		0.75~0.95		0.75~0.95		0.80~0.95			
주차장	0.80~0.90		0.75~0.85		0.75~0.95		0.75~0.95			
보도	-		0.75~0.85		0.75~0.85		-			
운동장	-		0.20~0.35		0.20~0.35		-			
산림(녹지)	완경사	0.20~0.40	완경사산지	0.30~0.70	완만	0.50~0.75	경사 0~5%	사양토 0.10	식양토 0.30	식토 0.40
	급경사	0.40~0.60	급경사산지	0.40~0.80	급준	0.75~0.90	5~10%	0.25	0.35	0.50
							10~30%	0.30	0.50	0.60
경작지	-		작물 있음	0.20~0.60	0.45~0.80		나지와 동일			
잔디(초지)	-		작물 없음	0.10~0.50	0.10~0.30		0~5%	0.10	0.30	0.40
			평탄지	0.13~0.17			5~10%	0.16	0.36	0.55
			평균	0.18~0.22			10~30%	0.22	0.42	0.60
나지(공지)	0.10~0.30		경사지	0.25~0.35	0.40~0.60		0~5%	0.30	0.50	0.60
			평탄한 곳	0.30~0.60			5~10%	0.40	0.60	0.70
			거친 곳	0.20~0.50			10~30%	0.52	0.72	0.82
공원	0.05~0.25		0.10~0.25		0.10~0.25		0.10~0.35			
수면	1.00		-		1.00		-			

자료: a: 환경부, 2005, b: 국토해양부, 2009a, c: 서울특별시, 2002. 필자 제작성

년수 10년을 기준으로 해 왔으며(서울특별시, 2002: 44~46), 2009년 8월 5일부터 이를 더욱 강화하여 국부적으로 홍수 피해가 현저한 지역을 대상으로 지선은 10년, 간선은 30년으로 강화하였다. 이렇게 볼 때, 연구대상지는 지선에 해당되지만 최근 이상강우의 특성을 고려하여 확률년수는 10년을, 강우지속기간은 10분을 적용하여 서울특별시(2009a) 강우강도식을 토대로 산출된 강우강도 153.59mm/hr를 적용하였다.

4. 배수유출량 및 배수유출량계수 분석

배수유출량 분석은 공원경계의 배수유출지점에서 개수로의 배수유출량을 분석하는 것으로, 개수로가 설치된 구역을 대상으로 분석하였으며, 표면배수와 자연수로배수는 분석에서 제외하였다. 개수로의 유출량 계산공식으로는 자연유하 상태에서 상대적으로 조도(粗度)가 큰 거천면의 흐름에 대하여 정밀도를 가지고 있는 매닝공식(Manning Formula)을 사용하여 개수로의 평균유속과 유량을 산출하였다. 이러한 매닝공식에서 유량은 유속과 유수단면적을 곱하여 구하게 되는데, 유속은 조도계수, 경심, 수로의 경사에 의해 결정된다. 이렇게 구한 배수구역별 배수유출량을 우수유출량으로 나누어 배수유출량계수를 구하였으며, 이것을 토대로 공원 경계지점의 배수유출량과 우수유출량의 적합성을 비교분석하였다.

1) 조도계수 및 경사

조도계수는 물의 흐름에 대한 개수로 및 관거의 저항에 대한 측정값으로 수로면의 조도를 나타내는 계수이며, 다양한 값이 제시되고 있으나 환경부(2005) 「하수도 시설기준」 및 서울시 '하수도정비기본계획'에서 제시된 값을 근거로 대상지 배수시설에 사용된 개수로 및 관거의 재질 및 표면 상태를 고려하여 표 2와 같은 조도계수 값을 적용하였다. 또한, 배수로 경사는 유속을 결정하는 주요한 변수로서, 개수로의 시점과 종점의 수평길이와 수직높이 차를 측정하여 백분율로 경사를 구하였다.

2) 경심 및 유수단면적

경심은 수로의 한 단면에서 유적을 운반으로 나눈 값으로 동수반경 또는 수리평균심이라 하는데, 이는 마찰이 작용하는 주변의 단위길이당 유수단면적을 의미하며, 수로 단면의 특성을 표시하는 것이다. 또한, 개수로의 유적과 운반, 경심을 구하는데 있어서 개수로의 깊이에 따른 여유고를 고려해야 하며, 보통 개수로 깊이(H)의 0.2H 이상으로 하며, 단, 0.2H>0.6m인 경우는 0.6m로 한다(환경부, 2005: 184). 따라서, 개수로의 유속산정을 위한 경심과 유량을 산정하기 위한 유수단면적은 개수로의 깊이에서 여유고를 감한 값인 0.8H를 기준으로 하였다(그림 1 참조).

표 2. 조도계수

배수유형	수로의 상태	조도계수
개수로	콘크리트	0.011~0.020
	자갈이나 잡석	0.020~0.035
	식물	0.030~0.040
	양안에 돌붙임이 적은 수로	0.025*
	사질진흙, 점토질 진흙	0.020*
	굴착 준설, 잡초 적음	0.025~0.033
관거	콘크리트 인공수로	0.014~0.020
	나선형 반관수로	0.021~0.030
	매끄러운 플라스틱관	0.011~0.015
	콘크리트(매끄러운 표면)	0.012~0.014
	콘크리트(거친 표면)	0.015~0.017

자료: 서울시, 2009: 5-35; 환경부, 2005: 185; 최기수와 이상석, 2003: 251. 필자 제작성
*: 평균값

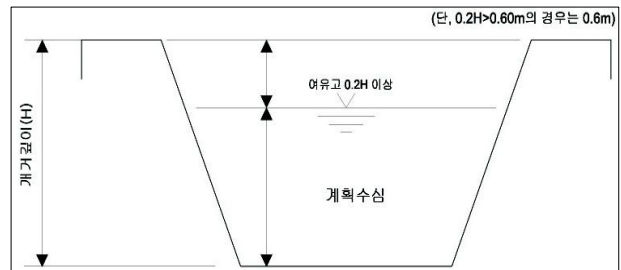


그림 1. 개수로의 여유고
자료: 환경부, 2005: 184

5. 배수시설용량 및 배수시설용량계수 분석

배수시설용량 분석은 배수구역별 총 배수시설용량을 상대적으로 나타낸 값으로 배수구역에 따라 개수로 유형별 유수단면적에 개수로의 길이를 곱하여 구하였으며, 배수시설용량계수는 배수구역의 배수시설용량을 우수유출량으로 나눈 값이다. 따라서, 배수구역에서 배수시설의 길이가 늘어나고 유수단면적이 커지면 배수시설용량이 커지고 배수시설용량계수가 높아지게 된다.

배수유출량계수가 각 배수구역별로 유출지점인 공원 경계에서 배수유출량과 우수유출량을 비교하여 적합성을 분석한 것이라면 배수시설용량계수는 각 배수구역별 전체 배수시설의 용량을 우수유출량과 비교하여 배수구역에서 배수시설의 상대적 규모를 파악할 수 있다. 이렇게 함으로써 배수유출량에 포함되지 않는 차집수로, 등산로측구 등 전체적인 배수시설의 규모를 파악할 수 있으며, 배수시설용량계수를 사용하여 배수구역뿐만 아니라 공 공간 배수시설용량의 규모를 상대적으로 비교할 수 있다.

III. 결과 및 고찰

1. 배수체계 분석

1) 배수현황

배봉산공원은 정상능선을 기준으로 능선과 계곡에 의해 명확하게 배수유역이 분리되고, 유역별로 우수가 외부로 유출되는 중규모, 조방적, 분산형 배수체계를 이루고 있다. 상대적으로 표면유출거리가 길어 이를 완화하기 위해 산비탈에 차집관거를 설치하였으며, 서측면에는 목재보행데크가 설치되어 등산로변의 침식이 상대적으로 적으나, 동측면에는 경사방향으로 등산로가 위치하고 있어 등산로 주변의 침식이 심각한 상황이며, 배수로 역시 미관 및 기능상 불합리한 것이 다수 나타났다. 한편, 오금공원은 정상부를 중심으로 배수유역이 나뉘고 공원 전체를 U형 플룸관으로 둘러싸고 있으며, 공원경계부에 형성된 절개지에는 산마루 측구를 설치하여 집수하는 소규모, 집약적, 경계차집형 배수체계를 구성하고 있다. 배봉산공원에 비해 배수유역의 구분이 명확하지 않고 상대적으로 표면유출거리가 짧으며, 배수면적에 비해 배수구역이 세분화되었다. 또한 등산로나 운동 및 휴식공간 주변에 유출수를 차집하기 위한 트랜치가 다수 설치되었으나, 일부 등산로에서는 배수시설이 과다하거나 미관 및 기능상 불합리한 것이 나타났다.

2) 배수구역의 특성

배봉산공원의 전체 배수면적은 34.13ha로서 배수유역은 32개이며, 배수유출이 되는 세부적인 배수구역도 같게 나타났으며, 배수구역별 평균면적은 1.07ha였다(그림 2 참조). 배수유형별로는 표면배수구역 15.05ha(44.09%), 개수로배수구역 14.60ha(42.78%), 자연수로배수구역 4.48ha(13.13%)를 차지하고 있어 상대적으로 표면배수구역이 넓어 자연상태의 표면유출이 많은 것으로 판단되며, 일부 자연수로배수구역에서는 유출거리가 길어 중간에 개수로를 설치하여 유수를 차집하는 경우도 있었다. 지형의 평균 경사율은 21.09%로서 배수구역 12, 11, 7에서 높게 나타났으며, 지표의 상태는 대부분 산림으로서 일부 지역에 배드민턴장 및 체력단련장 등 운동공간, 휴게공간, 등산로 등으로 구성되어 있다.

한편, 오금공원의 전체 배수면적은 20.39ha로서 배수유역은 36개이며, 50개의 배수구역으로 세분되었고, 배수구역별 평균면적은 0.41ha였다(그림 3 참조). 배수유형별로는 표면배수구역 2.52ha(12.36%), 자연수로배수구역 0.56ha(2.75%), 개수로배수구역 10.14ha(49.73%), 산마루측구배수구역 7.17ha(35.16%)를 차지하고 있다. 오금공원은 배수시설이 많아 표면배수구역이 작고, 공원경계부에 발생한 절토사면의 상단에 사다리꼴형 콘크리트 산마루측구를 설치하여 배봉산공원과 다른 배수유형이 대규모로 설치되었다. 지형의 평균경사율은 18.44%로

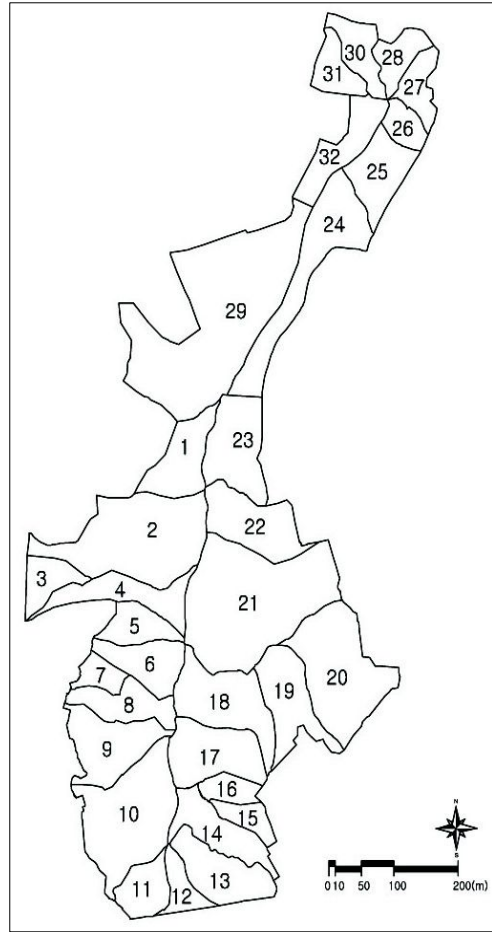


그림 2. 배봉산공원 배수구역

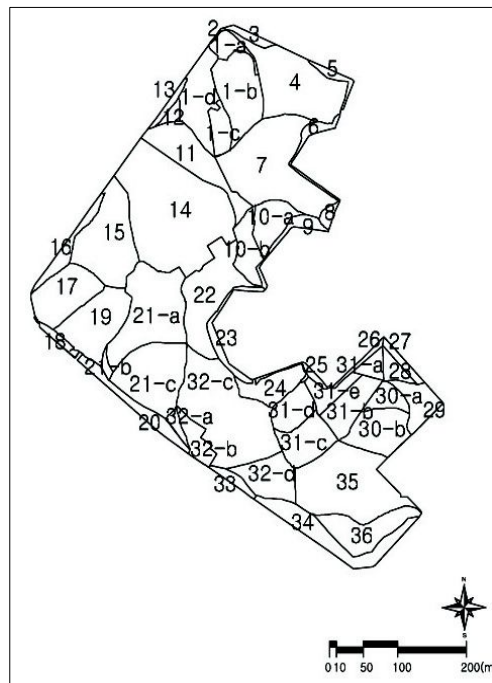


그림 3. 오금공원 배수구역

써 배봉산공원보다 완만하였으며, 대부분 산림으로서 일부 광장, 휴게공간, 체육시설 등이 조성되어 있다. 배봉산공원은 오금공원에 비해 지형의 기복이 뚜렷하여 전체 배수면적이 크지만 배수유역의 수가 많지 않고 배수구역도 배수유역과 일치되었으며, 배수유역의 규모도 크고 길어서 유출거리가 크며 경사도 급하여 이로 인한 침식이 많이 발생하고 있었다. 반면, 오금공원은 지형의 기복이 뚜렷하지 않고 우수가 유출되는 배수시설이 많아 배수유역도 많고 배수구역은 더욱 작게 세분화되었다.

2. 우수유출량 및 배수유출량의 비교분석

1) 우수유출량 분석

배봉산공원의 총우수유출량은 $7.28\text{m}^3/\text{s}$ 로서, 배수유형별로는 표면배수구역 $2.76\text{m}^3/\text{s}$ (37.88%), 자연수로배수구역 $1.19\text{m}^3/\text{s}$ (16.31%), 개수로배수구역 $3.34\text{m}^3/\text{s}$ (45.81%)이다. 배수구역 우수유출량 평균은 $0.23\text{m}^3/\text{s}$ 이지만, 배수구역 29, 21, 2에서는 우수유출량이 많아 각각 $0.924\text{m}^3/\text{s}$, $0.682\text{m}^3/\text{s}$, $0.511\text{m}^3/\text{s}$ 로 나타났다. 한편, 오금공원의 총우수유출량은 $4.37\text{m}^3/\text{s}$ 로서, 배수유형별로는 표면배수구역 $0.57\text{m}^3/\text{s}$ (13.04%), 자연수로배수구역 $0.12\text{m}^3/\text{s}$ (2.75%), 개수로배수구역 $2.12\text{m}^3/\text{s}$ (48.51%), 산마루측구배수구역 $1.56\text{m}^3/\text{s}$ (35.70%)이며, 배수구역별 우수유출량 평균은 $0.09\text{m}^3/\text{s}$ 로서 배봉산공원의 38%에 불과하였다.

이러한 결과를 종합하면 배봉산공원에서 표면배수 및 자연수로에 의한 자연 우수유출량은 $3.95\text{m}^3/\text{s}$ (54.19%)이지만 인공 배수시설에 의한 우수유출량은 $3.34\text{m}^3/\text{s}$ (45.81%)로 낮게 나타나, 자연적이고 조방적인 배수체계를 구성하고 있다. 한편, 오금공원에서 자연 우수유출량은 $0.69\text{m}^3/\text{s}$ (15.79%)에 불과하고 개수로배수와 산마루측구배수 등 인공적인 배수시설에 의한 우수유출량이 $3.68\text{m}^3/\text{s}$ (84.21%)로서 압도적으로 높아서 인공적이고 집약적인 배수체계의 경향을 보여주고 있다. 또한, 오금공원은 배봉산공원에 비해 배수구역별 우수유출량이 작게 나타났다는데, 이것은 지표의 상태가 거의 비슷함에도 불구하고 경사가 비교적 완만하며, 배수구역이 상세하게 구분되어 배수구역별 배수면적이 작았기 때문이다.

2) 배수유출량 분석

배봉산공원의 전체 32개 배수구역 중에서 인공적인 배수시설인 개수로가 설치된 배수구역은 15개이다. 배수시설은 대형수로에는 견치돌콘크리트 및 사다리꼴형 콘크리트를 사용하고 등산로 주변이나 차집관로 등 규모가 작은 곳에는 PE플러관을 사용하였으며, 일부에서는 산석을 이용하여 개수로를 만들었다. 개수로의 평균조도계수 0.024, 경심 0.184, 경사 16.5%, 유속은 $4.35\text{m}/\text{s}$ 이며, 개수로의 경사가 급하고 유속이 빨라 우수유출수 관리가 큰 문제점으로 부각되었다. 특히, 배수구역 12,

8-b, 17-b, 28-a, 21-a, 15, 11-b, 28-b, 18-b, 28-c, 14-b, 21-c에서는 경사율이 20%를 초과하고 있고, 유속은 18-b구역 $11.26\text{m}/\text{s}$, 12구역 $8.99\text{m}/\text{s}$, 17-b구역 $8.96\text{m}/\text{s}$, 21-a구역 $8.86\text{m}/\text{s}$, 14-b구역 $8.22\text{m}/\text{s}$, 28-a구역 $7.91\text{m}/\text{s}$, 15구역 $7.39\text{m}/\text{s}$, 28-c구역 $5.86\text{m}/\text{s}$, 31구역 $5.54\text{m}/\text{s}$ 로 나타나 대부분 배수구역에서 개수로 유속한계기준인 $3\text{m}/\text{s}$ 를 크게 초과하고 있는 것으로 밝혀졌다. 이러한 현상은 지형적 원인이기도 하지만 차집용 개수로를 제외하고는 개수로가 지형의 경사와 같은 방향으로 설치되어 경사가 급해지고 유속도 빨라졌기 때문이다.

배봉산공원에서 개수로가 설치된 배수구역의 전체 배수유출량은 $11.58\text{m}^3/\text{s}$ 이고 우수유출량은 $3.34\text{m}^3/\text{s}$ 로서, 우수유출량에 비해 3.5배 정도로 나타났다. 배수구역별 배수유출량은 평균 $0.77\text{m}^3/\text{s}$ 로서, 18구역 $1.69\text{m}^3/\text{s}$, 12구역 $1.35\text{m}^3/\text{s}$, 17구역 $1.34\text{m}^3/\text{s}$, 21구역 $1.33\text{m}^3/\text{s}$, 14구역 $1.23\text{m}^3/\text{s}$, 15구역 $1.11\text{m}^3/\text{s}$ 으로 높게 나타나고 있다. 배수구역별 우수유출량대비 배수유출량인 배수유출량계수는 평균 5.26이며, 배수구역 12, 15, 31, 14, 18, 17, 28 에서 각각 17.30, 16.29, 8.47, 6.97, 6.05, 5.58, 4.19로 높게 나타났지만, 배수구역 3, 8, 10에서는 1보다 작아 배수유출량이 부족한 것으로 나타났다.

오금공원의 전체 50개의 배수구역 중 인공적인 배수시설인 개수로가 설치된 배수구역은 46개로서 배봉산공원에 비해 상대적으로 많은 배수시설이 설치되어 있고, 배수구역이 상세하게 구획되어 있다. 인공적인 배수시설은 호박돌수로, U형콘크리트플러관, 콘크리트측구를 주로 사용하여 배봉산공원에서 사용한 견치돌이나 산석은 사용되지 않았다. 인공수로는 평균조도계수 0.023, 경심 0.109, 경사 7.1%, 유속은 $2.19\text{m}/\text{s}$ 로서, 오금공원의 지형이 비교적 완만하여 배봉산공원보다 개수로의 경사가 낮고 유속이 느려 상대적으로 안정된 조건을 유지하고 있다. 배수구역 10-b, 21-b, 22, 25, 30, 31-d, 35-a에서 경사율이 20%를 초과하고 있으나, 나머지 배수구역은 비교적 완만한 경사를 유지하고 있으며, 유속은 개수로 유속한계기준인 $3\text{m}/\text{s}$ 를 크게 초과하고 있는 22-c구역 $6.39\text{m}/\text{s}$, 21-b구역 6.08 , 1-d구역 $5.66\text{m}/\text{s}$, 21-a구역 $5.01\text{m}/\text{s}$, 22-a구역 $4.99\text{m}/\text{s}$, 32-a구역 $4.75\text{m}/\text{s}$ 를 제외하고는 안정적인 것으로 나타났다.

오금공원에서 개수로가 설치된 배수구역의 전체 배수유출량은 $15.40\text{m}^3/\text{s}$ 이고 우수유출량은 $3.68\text{m}^3/\text{s}$ 로서, 우수유출량에 비해 4.2배 정도로 나타났다. 배수구역별 배수유출량은 평균 $0.34\text{m}^3/\text{s}$ 로서 21-a구역 $6.37\text{m}^3/\text{s}$ 이며, 나머지 배수구역은 모두 $1\text{m}^3/\text{s}$ 보다 작아 비교적 작은 관거가 낮은 경사로 설치되어 있는 것으로 나타났다. 배수구역별 배수유출량계수는 평균 8.87로서 배봉산공원보다 높게 나타나 우수유출량에 비해 배수유출량이 상대적으로 높은 것으로 밝혀졌으며, 21-b구역 114.57, 2구역 64, 32-a구역 48.23, 21-b구역 32.84, 12구역 13.83, 31-a구역 11.75, 24구역 6.10, 8구역 5.83으로 나타났고, 특히 절개지

표 3. 배봉산공원의 배수시설

배수 구역	구분	배수형태	개수로유형	유역면적 (ha)	우수유출량 (m ³ /s)	유속 (m/s)	유수단면적 (m ²)	배수유출량 (m ³ /s)	배수유출량 계수	배수시설 용량(m ³)	배수시설 용량계수
1		표면배수	표면배수	0.853	0.182	-	-	-	-	-	-
2-a		개수로	장방형 견치돌 콘크리트	2.394	0.511	3.552	1.260	0.533	1.043	178.800	349.902
2-b			사다리꼴형 콘크리트			1.075	0.060	-	-		
3		개수로	사다리꼴형 콘크리트	0.491	0.105	1.517	0.028	0.042	0.400	0.420	4.000
4		표면배수	표면배수	0.850	0.181	-	-	-	-	-	-
5		표면배수	표면배수	0.529	0.113	-	-	-	-	-	-
6		자연수로	자연수로	0.738	0.157	-	-	-	-	-	-
7		자연수로	자연수로	0.300	0.064	-	-	-	-	-	-
8-a		차집후개수로	장방형 PE플름관	0.700	0.149	2.305	0.037	-	-	33.258	223.208
8-b			장방형 견치돌 콘크리트			0.277	0.800	0.042	0.282		
9		자연수로	자연수로	1.118	0.238	-	-	-	-	-	-
10-a		차집후개수로	장방형 PE플름관	2.028	0.424	3.822	0.037	-	-	6.317	14.899
10-b			사다리꼴형 견치돌			2.349	0.104	0.244	0.575		
11-a		차집후개수로	장방형 PE플름관	0.566	0.152	4.806	0.042	-	-	8.615	56.678
11-b			장방형 잡석			3.925	0.173	0.589	3.875		
12		개수로	장방형 견치돌 콘크리트	0.366	0.078	8.992	0.624	1.349	17.295	12.480	160.000
13		자연수로	자연수로	0.954	0.204	-	-	-	-	-	-
14-a		차집후개수로	장방형 PE플름관	0.829	0.177	2.946	0.042	-	-	56.664	320.136
14-b			장방형 견치돌 콘크리트			8.220	1.320	1.233	6.966		
15		차집후개수로	장방형 견치돌 콘크리트	0.321	0.068	7.385	0.676	1.108	16.294	25.012	367.824
16		자연수로	자연수로	0.323	0.069	-	-	-	-	-	-
17-a		차집후개수로	장방형 PE플름관	1.132	0.241	3.650	0.042	-	-	47.868	198.622
17-b			장방형 견치돌 콘크리트			8.961	0.864	1.344	5.577		
18-a		차집후개수로	장방형 PE플름관	1.310	0.279	2.008	0.042	-	-	71.184	255.140
18-b			장방형 견치돌 콘크리트			11.259	2.760	1.689	6.054		
19		자연수로	자연수로	1.048	0.224	-	-	-	-	-	-
20		표면배수	표면배수	1.947	0.415	-	-	-	-	-	-
21-a		개수로	장방형 견치돌 콘크리트	3.260	0.682	8.861	1.200	1.329	1.950	42.518	62.343
21-b			장방형 목재			0.014	0.072	-	-		
21-c			사다리꼴형 PE플름관			0.502	0.037	-	-		
22		자연수로	자연수로	1.112	0.232	-	-	-	-	-	-
23		표면배수	표면배수	1.148	0.245	-	-	-	-	-	-
24		표면배수	표면배수	1.646	0.351	-	-	-	-	-	-
25		표면배수	표면배수	0.836	0.178	-	-	-	-	-	-
26		표면배수	표면배수	0.347	0.074	-	-	-	-	-	-
27		표면배수	표면배수	0.449	0.096	-	-	-	-	-	-
28-a		개수로	장방형 견치돌 콘크리트	0.460	0.098	7.913	0.720	-	-	52.656	537.306
28-b			장방형 견치돌			3.480	0.176	-	-		
28-c			장방형 견치돌 콘크리트			5.856	0.440	-	-		
28-d			장방형 콘크리트			2.737	0.144	0.411	4.194		
29		표면배수	표면배수	4.332	0.924	-	-	-	-	-	-
30		개수로	장방형 호박돌	0.541	0.115	1.732	0.052	0.260	2.261	4.200	36.522
31		개수로	장방형 PE플름관	0.461	0.098	5.535	0.118	0.830	8.469	4.950	50.510
32		개수로	장방형 PE플름관	0.744	0.159	3.828	0.118	0.574	3.610	9.600	60.377
합계		-	-	34.133	7.283	117.507	11.988	11.577	78.845	554.542	2697.467
평균		-	-	1.067	0.228	4.352	0.444	0.772	5.256	36.969	179.831

표 4. 오금공원의 배수시설

배수 구역	구분	배수형태	개수로유형	유역면적 (ha)	우수유출량 (m ³ /s)	유속 (m/s)	우수단면적 (m ²)	배수유출량 (m ³ /s)	배수유출량 계수	배수시설 용량(m ³)	배수시설 용량계수
1-a	산마루측구	사다리꼴형측구		0.142	0.030	3.459	0.132	0.457	15.233	20,964	45.873
1-b	개수로	U형 플룸관		0.635	0.244	2.724	0.048	0.131	0.537		
1-c	표면배수	표면배수		0.181	0.039	-	-	-	-		
1-d	산마루측구	사다리꼴형측구		0.513	0.144	5.659	0.132	0.747	5.188		
2	개수로	U형 플룸관		0.007	0.001	1.340	0.048	0.064	64.000	1,536	1536.000
3	개수로	U형 플룸관		0.072	0.015	1.179	0.048	0.057	3.800	4,896	326.400
4	산마루측구	사다리꼴형측구		1.033	0.220	2.966	0.132	0.392	1.782	17,160	78,000
5	개수로	U형 플룸관		0.071	0.015	1.523	0.048	0.073	4.867	5,280	352,000
6	개수로	U형 플룸관		0.114	0.024	1.633	0.048	0.078	3.250	9,408	392,000
7	산마루측구	사다리꼴형측구		1.326	0.283	0.906	0.132	0.120	0.424	30,096	106,346
8	개수로	U형 플룸관		0.054	0.012	1.464	0.048	0.070	5.833	2,208	184,000
9	개수로	U형 플룸관		0.132	0.028	2.112	0.048	0.101	3.607	8,064	288,000
10-a	산마루측구	사다리꼴형측구		0.319	0.068	1.967	0.132	0.260	3.824	19,512	154,857
10-b	개수로	U형 플룸관		0.273	0.058	3.404	0.048	-	-		
		사다리꼴형측구		-	-	1.967	0.132	0.260	4.483		
11	개수로	장방형콘크리트		0.605	0.129	3.307	0.144	0.496	3.845	28,800	223,256
12	산마루측구	사다리꼴형측구		0.054	0.012	1.258	0.132	0.166	13.833	7,128	594,000
13	개수로	U형 플룸관		0.062	0.013	0.761	0.048	0.037	2.846	4,416	339,692
14	표면배수	표면배수		2.150	0.459	-	-	-	-	-	-
15	산마루측구	사다리꼴형측구		0.899	0.192	3.249	0.132	0.429	2.234	15,312	79,750
16	개수로	U형 플룸관		0.193	0.041	1.319	0.048	0.063	1.537	8,784	214,244
17	자연수로	자연수로		0.564	0.120	-	-	-	-	-	-
18	개수로	U형 플룸관		0.068	0.015	0.834	0.048	0.040	2.667	4,608	307,200
19	산마루측구	사다리꼴형측구		0.658	0.140	2.365	0.132	0.312	2.229	13,728	98,057
20	개수로	U형 플룸관		0.260	0.055	1.201	0.048	0.058	1.055	9,984	181,527
21-a	개수로	호박돌수로		1.011	0.194	5.008	1.272	6.370	32.835	144,840	389,355
21-b	산마루측구	사다리꼴형측구		0.035	0.007	6.079	0.132	0.802	114.572		
21-c	산마루측구	사다리꼴형측구		0.800	0.171	4.195	0.132	0.554	3.240		
22-a	개수로	U형 플룸관	0.791	0.169	4.986	0.048	-	-	41,885	247,840	
22-b		사다리꼴형측구			1.326	0.132	0.175	1.036			
22-c		호박돌수로 1			6.389	0.532	-	-			
22-d		호박돌수로 2			1.627	0.155	-	-			
23	개수로	U형 플룸관		0.152	0.032	1.849	0.048	0.089	2.781	10,080	315,000
24-a	산마루측구	U형 플룸관	0.310	0.066	2.838	0.048	-	-	22,284	337,636	
24-b		사다리꼴형측구			3.054	0.132	0.403	6.106			
25	개수로	U형 플룸관		0.055	0.012	1.103	0.048	0.053	4.417	6,000	500,000
26	개수로	U형 플룸관		0.049	0.010	0.932	0.048	0.045	4.500	4,896	489,600
27	개수로	U형 플룸관		0.078	0.017	0.993	0.048	0.048	2.824	4,224	248,471
28	개수로	장방형콘크리트		0.117	0.025	0.923	0.144	0.133	5.320	10,944	437,760
29-a	개수로	U형 플룸관	0.265	0.057	1.615	0.048	0.078	1.369	7,680	134,737	
29-b		U형 플룸관			3.007	0.048	-	-			
30-a	개수로	호박돌수로		0.170	0.036	1.788	0.084	0.150	4.167	8,388	61,226
30-b	개수로	U형 플룸관		0.473	0.101	1.103	0.048	0.053	0.525		
31-a	산마루측구	사다리꼴형측구		0.114	0.024	2.139	0.132	0.282	11.750	93,288	524,090
31-b	개수로	호박돌수로		0.354	0.045	0.052	0.192	0.010	0.222		
31-c	개수로	호박돌수로		0.391	0.050	0.101	0.192	0.019	0.380		
31-d	개수로	호박돌수로		0.290	0.037	0.117	0.192	0.023	0.622		
31-e	개수로	호박돌수로		0.172	0.022	0.074	0.192	0.014	0.636		
32-a	산마루측구	사다리꼴형측구		0.061	0.013	4.746	0.132	0.627	48.231	81,820	178,257
32-b	표면배수	표면배수		0.185	0.075	-	-	-	-		
32-c	개수로	호박돌수로		1.435	0.282	0.580	0.200	0.116	0.411		
		U형 플룸관		-	-	2.637	0.048	-	-		
32-d	산마루측구	사다리꼴형측구		0.415	0.089	2.097	0.132	0.277	3.112	6,720	1680,000
33	개수로	U형 플룸관		0.018	0.004	0.590	0.048	0.028	7.000	14,400	127,434
34	개수로	U형 플룸관		0.529	0.113	1.579	0.048	0.076	0.673	21,612	82,805
35-a	개수로	U형 플룸관	1.249	0.261	3.698	0.048	-	-	21,612	82,805	
35-b		호박돌수로			1.668	0.140	0.234	0.897			
36	산마루측구	사다리꼴형측구		0.481	0.103	2.482	0.132	0.328	3.185	26,796	260,155
합계	-	-	-	20.385	4.372	117.972	6.883	15.398	407.885	717,741	11515.568
평균	-	-	-	0.408	0.087	2.185	0.128	0.335	8.867	21.110	338.693

에 설치된 산마루측구는 우수유출량이 매우 적음에도 불구하고 배수유출량이 높아 과다한 시설로 판단되었으며, 일부 배수구역 1-b, 30-b, 31-b~e, 32-c, 34, 35-b에서는 1보다 작아 배수유출량이 부족하였다.

이러한 결과를 종합하면 배봉산공원은 지형적 특성으로 인하여 개수로의 경사와 유속이 높게 나타났으며, 대부분 배수구역에서 개수로 유속한계기준인 3m/s를 크게 초과하고 있는 반면, 오금공원은 경사가 완만하고 유속도 비교적 느린 안정된 조건을 유지하고 있었다. 배봉산공원은 배수구역별로 개수로의 규모와 경사가 커서 상대적으로 평균 배수유출량이 높게 나타났지만, 배수유출량계수는 배수구역별 우수유출량이 적은 오금공원보다 상대적으로 낮게 나타났다.

3. 배수시설용량 분석

배수시설용량은 배수유역별 총 배수시설의 용량을 나타내며, 배수시설용량계수는 상대적인 배수시설의 용량을 설명하는 값이다. 배봉산공원에서 표면배수유역 10개 및 자연수로유역 7개를 제외한 인공적인 배수시설이 설치된 배수유역은 15개이며, 전체 배수시설용량은 554.54m³이고, 배수유역별 배수시설용량 평균은 36.97m³이다. 각 배수유역별 배수시설용량은 배수유역 2는 178.80m³, 배수유역 18은 71.18m³, 배수유역 14는 56.66m³, 배수유역 28은 52.66m³, 배수유역 17은 47.87m³로 높게 나타났다. 우수유출량과 비교한 상대값인 배수시설용량계수는 평균 179.83으로 배수유역 28은 537.31, 배수유역 15는 367.82, 배수유역 2는 349.90, 배수유역 14는 320.14, 배수유역 18은 255.14, 배수유역 8은 223.21, 배수유역 17은 198.62 등으로 배수시설의 용량이 높은 것으로 나타났다.

한편, 오금공원에서 표면배수유역 2개소를 제외한 인공적인 배수시설이 설치된 배수유역은 34개이며, 전체 배수시설용량은 717.74m³이며, 배수유역별 배수시설용량 평균은 21.11m³이다. 각 배수유역별로는 배수유역 33은 144.84m³, 배수유역 31은 93.29m³, 배수유역 32는 81.82m³, 배수유역 22는 41.89m³, 배수유역 7은 30.10m³로 높게 나타났다. 우수유출량과 비교한 상대값인 배수시설용량계수는 평균 339.69로 배봉산공원에 비해 훨씬 높았으며, 배수유역 34는 1680.00, 배수유역 2는 1536.00, 배수유역 12는 594.00 배수유역 25는 500.00, 배수유역 26은 489.600, 배수유역 28은 437.76 등으로 배수시설용량계수가 매우 높게 나타났다. 이러한 결과를 비교해 보면 오금공원이 작은 면적에도 불구하고 배수시설용량이 배봉산공원보다 크게 나타났으며, 우수유출량과 비교한 배수시설용량계수도 오금공원이 훨씬 높게 나타나 상대적으로 배수유역별로 설치된 배수시설의 총량이 많은 것으로 밝혀졌다. 이것은 오금공원에 상대적으로 많은 배수시설이 집약적으로 설치된 것임을 의미한다.

4. 고찰

1) 문제점

(1) 전체적인 배수체계의 정비

배수시설 용량계수에서 배봉산공원은 179.83, 오금공원은 338.69로 나타난 것처럼, 오금공원과 같이 조성형 근린공원에서는 공원계획 초기단계에서 배수계획을 통하여 체계적으로 배수시설이 설치되지만, 배봉산공원과 같은 미집행 산지형 근린공원은 사후관리적 측면에서 제한적으로 배수시설을 설치하게 되므로 배수시설의 설치 수준이 낮고, 전체적인 배수체계가 이루어지지 않고 있다. 또한, 배수시설을 설계하고 시공하면서 자연지형과 주변의 여건을 섬세하게 고려하지 못하여 개수로 및 자연수로의 유속이 과다하게 빨라지거나 배수기능을 상실하여 침식의 원인이 되기도 하며, 배수시설이 지나치게 과다하거나 노후화되어 경관 및 생태적으로 문제를 유발시키는 경우가 다수 발생하고 있다.

(2) 유수에 의한 침식

우리나라는 단기집중강우가 더욱 증가하고 있어 공원에서 유수의 유속이 높아지고, 유량이 급속히 증대되어 심각한 침식 피해가 우려되고 있다. 특히, 배봉산공원과 같이 표면배수 및 자연수로에 의한 자연 우수유출량이 54%에 달하는 경우에는 유수와 보행자의 답압에 의한 등산로 침식의 피해가 심각하다. 더구나 배봉산공원은 개수로의 평균경사 16.5%, 평균 유속 4.35m/s로서 대부분 개수로에서 유속한계기준인 3m/s를 초과하고 있어 심각한 문제로 나타나고 있다. 산지형 근린공원에서 가능한 침식을 줄이기 위해서는 표면유출은 초기단계에서 30m 이내로 제한되어야 하며, 관거의 방향도 경사방향과 다르게 배치하여 유속을 감소시켜야 함에도 불구하고, 이러한 원칙이 지켜지지 않고 있다. 더구나 비계획적으로 생겨나는 등산로에서는 이러한 유수에 의한 표면침식이 심각하므로 이러한 문제를 방지하고 유수의 급속한 유출을 줄이기 위한 차집 및 수로의 정비가 필요하다.

(3) 단기 유출량 과다

배봉산공원 및 오금공원은 경사가 급하고 개수로의 유속이 빠르며, 우수를 배출하는데 초점을 두어 일시에 우수가 배수되고 저류기능이 없는 상태이다. 이러한 현상은 우리나라 도시공원에서 보편적으로 발생하는 문제로서, 최근 물의 친환경적 활용에 대한 관심이 증대되고 있는 추세를 제대로 반영하지 못하는 것이며, 도시수원으로서 환경적 가치가 높은 산지형 공원의 가치를 저하시키는 것이다. 따라서 우수의 초기 과다유출을 방지하고 생태경관적 활용을 도모하기 위해 산지형 도시공원에 저류지를 조성하여 우수유출을 관리하기 위한 대책이 필요하다.

2) 개선방안

배수시설의 정비를 위해서는 산지형 공원의 강우 및 환경특성을 고려하여 효율적인 배수뿐만 아니라 식생 및 지형을 보호하고, 안전하고 편안한 이용을 도모하며, 친환경성을 증진하기 위한 배수계획이 필요하다. 구체적으로 표면유출거리를 줄여 침식을 방지하기 위한 차집시설이나 유속감속시설의 설치, 등산로 주변의 침식 방지 및 수로기능의 개선, 수로방향 및 집수체계의 정비, 환경을 고려한 다양한 배수시설의 개발, 그리고 저류량 증대를 위한 시설 및 생태연못을 조성하기 위한 노력이 필요하다. 예시적으로 배봉산공원에서 유역면적이 넓어 우수유출량이 많은 배수유역 29, 21, 2, 10, 20에는 저류량 증대를 위한 시설을 도입해야 하며, 특히 많은 우수유출량에도 불구하고 표면배수에 의존하는 배수유역 29 및 20에서는 더욱 시급하다. 오금공원의 경우 전체적으로 배수유역이 작아 우수유출량이 많지 않으나 배수시설이 과다하여 배수유출량계수와 배수시설용량계수가 높게 나타나고 있으므로 경관 및 생태적인 개선을 위해서는 과다한 개수로로 정비하고 자연적인 배수시설을 설치해야 하며, 유역면적이 크고 우수유출량이 많은 배수유역 14, 32, 7, 35는 친환경적인 저류시설을 적극적으로 도입해야 한다.

IV. 결론

본 연구에서는 서울시에 있는 산지형 도시근린공원을 대상으로 하여 배수시설의 특성을 밝히기 위하여 배수현황, 우수유출량, 배수유출량, 그리고 배수시설용량을 산출하고, 배수유출량계수 및 배수시설용량계수를 도출하여 배수구역 및 공원별로 비교분석하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

1. 배봉산공원의 전체 배수면적은 34.13ha로서 배수유역 및 배수구역 모두 32개이며, 배수구역별 평균면적은 1.07ha이다. 배수유형별로는 표면배수구역 15.05ha(44.09%), 개수로배수구역 14.60ha(42.78%), 자연수로배수구역 4.48ha(13.13%)를 차지하고 있어 상대적으로 표면배수구역이 넓어 자연상태의 표면유출이 많았다. 한편, 오금공원의 전체 배수면적은 20.39ha로서 배수유역은 36개이며, 50개의 배수구역으로 세분되었으며, 배수구역별 평균면적은 0.41ha이다. 배수유형별로는 표면배수구역 2.52ha(12.36%), 자연수로배수구역 0.56ha(2.75%), 개수로배수구역 10.14ha(49.73%), 산마루측구배수구역 7.17ha(35.16%)를 차지하고 있어 상대적으로 인공적인 배수시설구역이 높게 나타났다. 배봉산공원은 전체 배수면적이 큰 반면 상대적으로 배수구역은 많지 않았으며, 각 배수유역은 규모가 크고 길어서 우수유출거리가 크며 경사도 급하여 이로 인한 침식이 많이 발생하고 있었다. 반면, 오금공원은 지형의

기복이 뚜렷하지 않고 배수시설이 많아 배수구역이 작게 세분화되었으며, 상대적으로 침식피해가 적었다.

2. 배봉산공원의 총우수유출량은 7.28m³/s로서, 배수구역 우수유출량 평균은 0.23m³/s이며, 오금공원의 총우수유출량은 4.37m³/s로서 배수구역별 우수유출량 평균은 0.12m³/s이며, 배봉산공원에 비해 절반 정도로 나타났다. 또한, 배봉산공원에서 표면배수 및 자연수로에 의한 자연 우수유출량은 3.95m³/s(54.19%)이지만 인공적인 배수시설에 의한 우수유출량은 3.34m³/s(45.81%)으로 자연적이고 조방적인 배수체계를 구성하고 있다. 한편, 오금공원에서 자연 우수유출량은 0.69m³/s(15.79%)에 불과하고, 개수로 배수와 산마루측구배수 등 인공적인 배수시설에 의한 우수유출량이 3.68m³/s(84.21%)로서 압도적으로 높아서 인공적이고 집약적인 배수체계의 경향을 보여주고 있다.
3. 배봉산공원에 있는 개수로는 경사 16.5%, 유속 4.35m/s로서 경사가 급하고 대부분 배수구역에서 유속이 개수로 유속한계기준인 3m/s를 크게 초과하여, 우수 유출수 관리에 있어 큰 문제점으로 부각되었다. 개수로가 설치된 배수구역의 전체 배수유출량은 11.58m³/s이고, 배수구역별 평균배수유출량은 0.77m³/s, 우수유출량은 3.34m³/s로서 나타났으며, 평균배수유출량계수는 5.26이었다. 한편, 오금공원에 있는 개수로는 경사 7.1%, 유속 2.19m/s로서 배봉산공원보다 개수로의 경사가 낮고 유속이 느려 상대적으로 안정된 조건을 유지하고 있다. 개수로가 설치된 배수구역의 전체 배수유출량은 15.40m³/s이고, 배수구역별 평균배수유출량은 0.34m³/s, 우수유출량은 3.68m³/s로서 나타났으며, 평균 배수유출량계수는 8.87로서 배봉산공원보다 높게 나타났다. 배봉산공원은 배수구역별로 개수로의 규모와 경사가 커서 상대적으로 평균 배수유출량이 높게 나타났지만, 배수유출량계수는 배수구역별 우수유출량이 적은 오금공원보다 상대적으로 낮게 나타났다.
4. 배봉산공원의 전체 배수시설용량은 554.54m³로서, 배수구역별 배수시설용량 평균은 36.97m³이며, 배수시설용량계수는 평균 179.83으로 나타났다. 한편, 오금공원은 전체 배수시설용량은 717.74m³로서, 배수구역별 배수시설용량 평균은 21.11m³이며, 배수시설용량계수는 평균 339.69로 나타났다. 이러한 결과를 비교해 보면 배수시설의 용량을 나타내는 배수시설용량계수는 오금공원이 훨씬 높게 나타나 상대적으로 오금공원에서 배수유역별로 설치된 배수시설의 총량이 많으며, 집약적으로 설치된 것임을 의미한다.

연구에서 도출된 배수유출량계수는 배수시설의 유출용량의 적정성을 판단하고 배수시설용량계수는 배수유역에서 배수시설의 설치 정도를 판단할 수 있는 계수로써 공원간의 배수유출

량과 배수시설용량을 비교하는 계수로 활용할 수 있으며, 산지형 도시공원의 배수시설 계획 및 설계와 우수의 저류 및 생태적 가치를 증진시키는 친환경적인 배수체계를 구축하는 자료로 활용할 수 있다. 본 연구에서는 산지형 도시근린공원 중 배봉산공원 및 오금공원만을 대상으로 하였으나, 도시공원의 배수시설 특성은 지형 및 경사, 식생, 배수유형 등에 영향을 받게 되어 공원에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로 더욱 많은 공원으로 대상으로 한 연구가 필요하며, 또한 공원에서 우수를 저류하고 생태적 가치를 증진시키는 친환경적인 배수체계 및 방법에 관한 연구가 필요하다.

주 1. 토성을 분석하는 방법은 정확한 입경을 구분하기 위한 실험실에서의 기계적 분석법과 야외에서 간단히 쉽게 판별하는 간이측정법이 있다. 간이 측정법은 촉감법, 현장 토성 판별법, 리본을 만들 수 있는 상태에 따른 판별법 등으로 세분되는데, 현장토성판별법은 현장에서 비전문가가 토성판별방법에 따라 사질토, 사양질토, 양질토, 식양질토, 식질토로 비교적 정확하게 구분할 수 있는 방법으로 본 연구에서는 이러한 판별법에 기초하여 사양토, 식양토, 식토의 3가지 토성으로 구분하였다.

감사의 글

본 연구를 위하여 자료조사에 도움을 준 유주은 님께 감사드립니다.

인용문헌

1. 강신권, 김태균(2008) 지역별 강우분포를 고려한 블록포장지역의 유출 계수 산정에 관한 연구. 한국조경학회지 36(4): 111-119.
2. 국토해양부(2009) 하천설계기준.
3. 김영란(2004) 서울시 침수피해 저감을 위한 우수저류시설 적용방안. 서울시정개발연구원 보고서.

4. 김지호, 박영진, 최인호, 송재호(2004) 산지유역의 합리식 유출계수 산정에 관한 연구. 한국수자원학회 2004 학술발표논문집: 173-177.
5. 농업과학기술원(2000) 토양 및 식물체 분석법.
6. 서울특별시(2002) 하수도정비기본계획(변경) 보고서.
7. 서울특별시(2007) 미집행 도시계획시설 재정비계획 수립 90.
8. 서울특별시(2009a) 서울시 하수도정비기본계획(변경) 보고서.
9. 서울특별시(2009b) 남산 물관리사업 기본 및 실시설계보고서.
10. 서울특별시, 한국수자원학회(1999) 98 수해백서.
11. 이해주, 지병윤, 정도현, 김종윤, 차두송(2000) 임도 옆도랑의 침식요인 평가와 안정성 판별에 관한 연구. 한국임학회지 89(3): 397-404.
12. 이호상, 김기원, 김철영(2004) 임도의 횡단배수시설에 관한 연구. 한국임학회 2004 학술연구 발표논문집: 325-327.
13. 최기수, 이상석(2003) 조경구조학. 서울: 일조각.
14. 환경부(2005) 하수도시설기준.
15. Chen, Jieyun and Barry J. Adams(2005) Analysis of storage facilities for urban stormwater quantity control. Advances in Water Resources 28: 377-392.
16. Johns, Phil and Neil Macdonald(2006) Making space for unruly water: Sustainable drainage systems and the disciplining of surface runoff. Geoforum 38: 534-544.
17. Kennedy, S., L. Lewis, E. Sharp and S. Wong(2007) Sustainable Urban Drainage Systems(SUDS)-More than a drainage solution?. Proceedings of the 6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management. Lyon: NO-VATECH 2007. pp. 423-430.
18. Lal, A. M. W., Mark Belnap and Randy Van Zee(1998) Simulation of overland and groundwater flow in the Everglades National Park. Proceedings of the International Water Resources Engineering Conference, Memphis: rsnbiblio.bib: pp. 610-615.
19. Molzahn, Robert E. and Christopher B. Burke(1986) Assessment of drainage infrastructure for urban areas. Tunnelling and Underground Space Technology 1(3/4): 387-389.
20. Storm, Steven, Kurt Nathan and Jake Woland(2008) Site Engineering for Landscape Architects (5nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
21. <http://gis.seoul.go.kr/>
22. <http://parks.seoul.go.kr/park/common/etc/park001.jsp>

원 고 접 수 일: 2010년 9월 20일
 심 사 일: 2010년 10월 18일(1차)
 2010년 10월 29일(2차)
 계 재 확 정 일: 2010년 11월 1일
 4 인 의 명 심 사 필