

집중호우 후 도시 자연형하천의 사주변화 파악

김재철¹⁾ · 이상화²⁾ · 신동훈³⁾ · 이규석⁴⁾

¹⁾ 성균관대학교 대학원 조경학과 · ²⁾ 농촌자원개발연구소
³⁾ 서울시정개발연구원 도시환경연구부 · ⁴⁾ 성균관대학교 조경학과 교수

Identification of Urban Stream Sandbar Change After Concentrated Storm during Summer

Kim, Jae-cheol¹⁾ · Lee, Sang-hwa²⁾ · Shin, Dong-hoon³⁾ and Lee, Kyoo-seock⁴⁾

¹⁾ Graduate Student, Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University,

²⁾ Rural Resources Development Institute,

³⁾ Seoul Development Institute,

⁴⁾ Professor, Department. of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University.

ABSTRACT

The urban stream includes the channel and sandbars. The sandbar plays a key role in the riparian ecosystem. For birds and insects the sandbar offers a small strip of habitat and fish and other fauna feed in the boundary of sandbar where eddies occur. So, it is important habitat and source for the flow of energy, matter and organisms through the landscape and act as ecotone between the terrestrial and stream corridors. However, the sandbar changes continuously by the natural process. Thus, it is necessary to measure the shape and area of the sandbar accurately for the efficient urban stream management for the amenity of urban residents and stream protection. The study site is Yangjae Stream where the first natural-style urban stream restoration projected was implemented by the support of Ministry of Education in Korea. The measurement was taken by the beacon Differential Global Positioning System (DGPS) and the data were stored and analyzed using ArcView Geographic Information System (GIS) program. Therefore, the purpose of this study is to measure the change of sandbars in the urban stream after concentrated stormwater during summer.

Key Words : *Sandbar, Natural-style stream, Concentrated stormwater, Beacon DGPS.*

Corresponding author : Lee, Kyoo-seock, Professor, Department. of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University,
Tel : +82-2-290-7845, E-mail : leeks@skku.edu

Received : 10 November, 2006. **Accepted** : 19 December, 2006.

I. 서론

물은 인류 문명의 근원으로서 인간이 도시에 거주하면서 도시하천은 다른 환경요소에 비해 경관의 물질 및 유기물 에너지의 흐름 통로로 중요한 생태적 기능과 인간의 휴식 및 동식물의 공간적 서식 기능 및 사회적 기능을 제공해준다(Apan, 2002). 이러한 하천은 끊임없이 변화하고 있으며, 하천 지형 특히 사주 역시 끊임없이 변화하고 있다. 사주는 주변에 하천유수의 소용돌이가 발생해 어류 및 조류 등 야생동물의 중요한 공급원 및 서식처 역할을 수행한다(Hoeting, 1998). 사주는 매년 변화하고 있으며 그 변화의 정도는 일정한 비율로 진행되지 않고 자연의 변화의 규모에 따라 기하급수적으로 변화하는 것으로 알려져 있다(Marsh, 2005). 하상계수가 높은 한국의 하천은 온대 몬순기후의 영향으로 여름철에 호우가 집중돼 주변에 심각한 피해를 주고 있으며(서명석, 2003) 갈수기와 홍수기의 유량에 현격한 차이를 보이고 있으며 여름 집중호우시 대량의 토사가 퇴적되고 있다. 이는 한반도 평균 강수량이 지역별로 차이는 있으나 연 평균 강수량의 50% 정도를 차지하고 있는 6월~8월 사이에 항상 존재하는 장마기간 중 강수량(400~800mm)에 의하여 크게 좌우된다(차은정, 2000). 또한 장마기간의 집중호우 강도와 빈도는 자연형 하천 복원 사업 후의 하천 식물 상에도 변화를 가져오고 있는 것으로 조사되었으나(노태성, 2002) 자연형 하천 복원 후의 하도의 형상 특히 사행성 및 사주의 변화에 관한 연구는 아직 없는 실정이다. 하도의 사행성 변화 및 사주의 형성은 하천의 자연성 유지에 중요한 요소이므로 이에 대한 정확한 자료 축적이 필요하다.

따라서 도시민의 쾌적한 삶의 유지와 하천환경을 보호하기 위해 하천의 사주의 형태와 면적을 정확히 측정할 필요가 있다. 하천변은 끊임없이 변화하는 프랙탈형 곡선이므로 각과 길이를 측정하는 광파측량을 비롯한 전통적인 측정방법

으로서는 정확한 측량 결과를 도출하기 어렵고 효율성이 떨어지나 실시간 beacon DGPS로 측정이 가능하다(이규석 외, 2003). 여름철 집중 호우 후 자연형 하천공사 후 하천 사주 변화에 대한 연구는 아직 없는 실정이다. 그러므로 본 연구는 국내에서 최초로 자연형 하천사업이 시도된 서울시 강남구 양재천을 대상으로 실시간 beacon DGPS (Differential Global Positioning System)를 이용하여 여름철 집중 호우 후 사주 변화를 측정하여 향후 하천 지형 변화를 예측하고 궁극적으로는 자연형하천 관리의 기초 자료를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상지

본 연구의 대상지는 서울시 강남구 영동5교와 영동6교 사이의 양재천에 형성된 사주이다. 대상지는 행정적으로 대치동과 개포동의 경계지역에 위치해 있다. 양재천은 도심지 아파트 밀집지역에 황폐화된 하천 공간을 정비하여 생태계의 회복과 지역주민의 휴식처 제공을 목적으로 1995년 7월부터 자연형 하천복원사업을 실시하였다. 지형학적으로 양재천은 지방 2급 하천으로서 경기도 과천시 관악산(629m)에서 발원하여 서울시의 서초구와 강남구를 지나 서울시 강남구 학여울 탄천 합류부까지 유입되고 있으며, 유역의 중류 남쪽에 청계산(492.7m)이, 북쪽에 우면산(258.2m)이 위치하고 있다(그림 1). 지질학적 특성은 하천중심으로 신생대 제4기 충적층이 형성되어 있고, 주변 산림지역은 선캄브리아기 호상 흑운모 편마암과 세립질 편마암으로 형성되어 있다. 선캄브리아기에 호상 흑운모 편마암, 세립질 편마암, 우백질 편마암, 화강암질 편마암, 규암, 각섬암 순으로 생성되었으며, 관입된 후 백악기 산성 암맥이 생성되어 졌다. 시간이 흘러 부정합을 거친 후 제 4기에 충적층으로 현재까지 이어지고 있다. 주요 합류부로는 과천 시가지를 관류하여 과천시 관문동에서

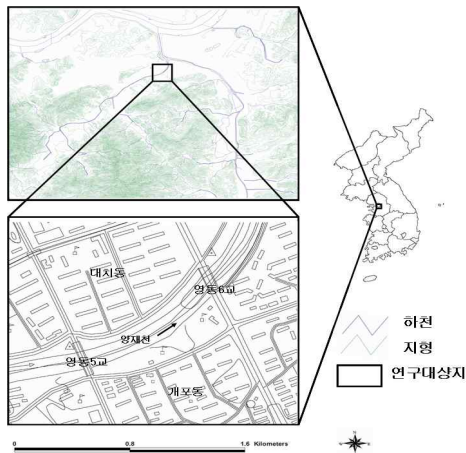


그림 1. 연구 대상지.

막계천(지방2급)과 합류하면서 5차 하천을 형성하고 강남구 대치동을 경유하여 학여울에서 탄천(지방1급)과 합류하여 탄천은 잠실운동장 서쪽에서 한강으로 유입된다. 양재천은 본래 탄천과는 별도로 한강에 합류하는 사행하천이었으나 70년 이후 시행된 잠실과 개포지구 개발 사업으로 인해 탄천의 지천이 되었다. 70년대 이후 도시 발전 계획 추진으로 다른 도시하천처럼 하천의 오염 및 황폐화를 가져왔으며, 하천주위 자연환경이 파괴됨으로 다양한 생물부양, 수질 정화 등 도시하천으로서 자연적인 기능을 거의 수행하지 못하게 되었으며(Murdock, 2004) 자연 기능을 회복시키고자 자연형 하천복원사업이 서울 강남구 양재천에서 최초로 시행되었다. 본 연구대상지는 2003년 여름 전까지는 자연형 하천공사 후 해당 지방자치단체에서 형성되는 사주를 지속적으로 준설해 사주는 형성되지 않았다.

2. 연구 방법

본 연구는 beacon DGPS를 이용하여 측정하였으며 DGPS(Differential GPS)는 상대오차를 제어하여 정밀도를 향상시키는데 이는 오차 보정은 서로 다른 2개의 GPS 수신기를 사용하여, 하나는 사전에 정밀한 측량을 토대로 기준점에 고정 설치된 DGPS 기준국으로 실시간 보정 값을 무

선으로 송출하여 실시간으로 오차를 보정하므로 공통된 오차 원인이 효과적으로 제거되어 매우 정밀한 실제 좌표를 얻을 수 있다(이규석, 2003). 도심지에서는 건물 등에 의한 위성 수신을 차단할 수 있는 구조물이 많은 곳에서는 실시간으로 이동하면서 GPS 측량을 해야 하는 경우 문제점이 발생할 수 있으나 연구대상지는 GPS수신신호가 비교적 양호한 하천으로서 장애요소에 크게 영향을 받지 않으며, 실시간 DGPS를 이용하여 측정할 수 있었다. 첫 번째 측정은 2005년 3월 26일 실시간으로 이뤄졌으며 좌표 변환하여 지도를 제작하였으며, 2005년 7월 15일 현지 답사해 사주 변화를 확인하고 2006년 7월 집중호우시 관찰 후 2006년 10월과 2006년 12월 19일 측정하여 지도를 제작하였다. 2005년 3월 26일과 2006년 12월 19일 측정된 자료의 사주와 육계화 지역의 형태를 파악하여 면적을 계산한 후 사주지형의 변화를 분석하였다. 측정할 때 생기는 noise를 제거하고 도면을 제작한 후 국립지리원에서 발행하는 1 : 5000 수치지도와 비교하였다. GPS 수신기는 Trimble사의 Pathfinder Pro-XR beacon DGPS 수신기를 사용하여 측정하였고, 측정된 자료는 Trimble사의 Pathfinder Office Ver. 3.0을 이용하여 자료를 Geographic Information System(GIS) 소프트웨어인 ESRI사의 ArcView 3.2를 이용 저장하였다. 양재천 주변은 beacon DGPS 신호 수신 상태가 비교적 양호하기 때문에 취득된 자료를 보정 후 사주와 육계화 지역의 면적을 계산하였다. 또한 연구대상지의 집중 호우자료는 기상청에서 제공하는 2003년부터 2006년 6월~9월의 월평균 강수량자료를 활용하였다(hppt : //www.kma.go.kr).

III. 결과 및 고찰

1. 집중 호우 전 사주

그림 2는 2005년 3월 26일에 실시간 beacon GPS를 이용해 측정한 연구대상지인 영동5교와

영동 6교 사이에 새롭게 퇴적된 사주를 보여주고 있다. 유수의 방향은 그림에서 보듯이 A에서 D 방향으로 흐르고 있다. 유수에 의한 퇴적작용으로 인하여 하도에 새로운 퇴적 지형이 하나 둘씩 생기게 되어 2005년 3월 당시 4개의 사주가 형성되었다. 표 1은 형성된 4개의 사주 A, B, C, D와 각각의 면적을 보여주고 있으며 면적 측정된 결과는 각각 303.50m², 203.32m², 53.76m², 343.46m²이었고 대상지의 전체 사주의 면적은 904.04m²이었다. 이 사주들은 처음 B가 생성된 후 A 그리고 순차적으로 D가 형성되었으며, C가 제일 나중에 형성되었다. 사주 중 가장 먼저 형성된 B는 육계화가 진행되어 하천좌안의 식물들이 정착하고 있는 것이 관측되었다. 이 지역에 사주가 형성되는 원인은 그림 1에서 보듯이 비교적 직선하천인 양재천이 영동5교에서 개포동 방향으로 사행하고 있어 사행 안쪽인 대치동쪽 좌안에 상류에서 운반된 토사가 유속이 감소되는 이 지점에서 포인트바 퇴적물이 형성하게 되었기 때문이다. 2006년 7월 15일 집중 호우 전까지 사주는 그림 2와 별다른 변화가 없어 별도의 측량을 하지는 않았다.

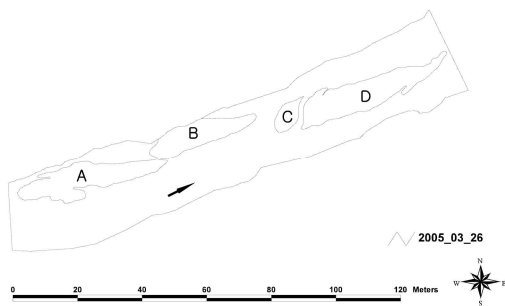


그림 2. 2005년 3월 26일 측정자료.

표 1. 사주의 면적(m²).

지역	2005년 3월 26일
A	303.50m ²
B	203.32m ²
C	53.76m ²
D	343.46m ²

2005년 7월 현지 추후 답사 시 A, B 사주가 연결되고 A도 육계화된 것을 발견할 수 있었다. 동일지역을 실시간 beacon GPS로 측정하려 하였으나 강우에 의한 수위 상승으로 사주면적 측정은 추후로 미루었다. 장기간에 걸친 사주변화 파악에 대한 정확한 예측은 쉽지 않으나 이를 위해 사주의 정확한 형태와 면적 측량이 실시간 beacon DGPS가 굴곡이 많은 하천에서 효과적임을 확인하였다.

2. 집중 호우후 사주

2006년 12월 현지답사 시 집중 호우 전 A, B 사주가 서로 연결되고 D 사주는 면적이 감소하였다(그림 3). 그림 4는 2005년 3월 26일과 비교해 2006년 12월 19일 변화된 사주의 모습과 면적을 보여주고 있다. 그림 4에서 빗금친 부분이 소멸된 사주를 보여주고 있으며 그림에서 보듯이 2005년 사주 A와 B는 완전히 연결, 육계화되었고 C와 D는 지속적인 사주의 침식, 퇴적이 반복되고 있다. 이는 2005년 사주 A, B가 연결된 2006년 사주 A의 면적은 917.51m²로서 410.69m² 증가한 것에 비해 2006년 사주 D는 2005년 사주보다 206.93m² 감소한 것에서도 뒷받침되고 있다. 전체적으로

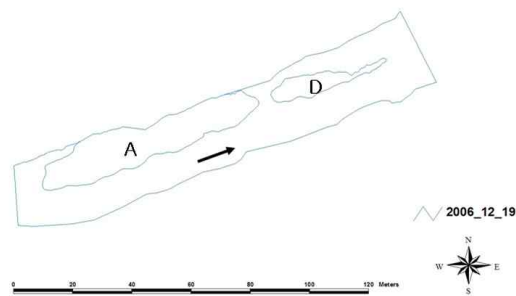


그림 3. 2006년 12월 19일 측정자료.

표 2. 사주의 면적(m²).

지역	2006년 12월 19일
A	917.51m ²
D	190.29m ²

2005년도에 비해 2006년도 사주 면적이 203.76m² 증가하였다. 퇴적작용은 새로운 육계화로 이어져 천변호안공사의 흔적은 육계화된 지표 밑에 매몰돼 육안 관측이 불가능하게 되었다. 육계화 되기 전에는 식물 중 1년생 초본들이 초기에 유입되었지만 육계화로 인해 점차 다년생 초본으로 식생의 변화가 나타날 것으로 판단되며 이와 같은 현상이 고수부지의 식생들이 2005년 사주 B에 정착하고 있음이 목격되었다.

3. 집중호우와 사주의 변화

2005년 사주 A와 B는 여름 홍수에도 연결되지 않고 사주 A의 북측 유로를 따라 하천수가 끊임 없이 흘렀으나 2006년 여름 집중 호우 뒤 완전 연결되었다. 이는 다량의 토사가 유입되어 퇴적되었기 때문이며 이것은 다량의 유입수 및 유속의 감소에서 그 원인을 찾을 수 있다고 판단된다. 그림 5와 표 3은 서울지역의 2003년~2006년 장마철 월평균 강수량으로 최대 2006년 7월 1014.0mm, 2003년 8월 684.2mm, 2004년 7월 510.7mm, 2005년 9월 313.3mm 순으로 많은 강수량을 보였으며 특히 2006년 7월은 서울 및 중부 지방에 집중적인 강수량이 기록되었다. 그림 6은 2006년 7월 16일 양재천 집중호우시와 그 후 하천 경관을 보여주고 있으며 7월15일과 16일 각각 69, 241mm의 집중호우가 내려([http : //www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr)) 양재천 유수가 탄천으로 유입되지 못하고 정체되는 현상이 발생하였다. 이는 한강 중·상류지역 유수의 급격한 증가로 탄천 유수가 한강으로 유입되지 못한 결과 그림 6에서 보듯이 고수 호안 6-7부 능선까지 침수되었으며 상류에서 유입된 토사가 정체된 하천 유수에 있던 토사가 2005년 사주 A와 B에 퇴적돼 예년에 비해 사주의 빠른 확장을 가져왔다. 표 4에서 보듯이 최근의 여름철 집중호우는 7월 2회(2004, 2006), 8월(2003), 9월(2005) 각 1회 씩 기록하여 과거와 달리 8월 늦장마가 발생하는 현상을 볼 수 있으며 전 세계적으로 발생하는 기후변동의 일례로 판단된다.

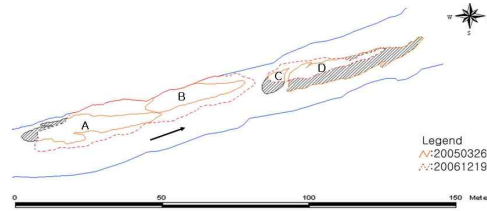


그림 4. 2005년 3월 26일과 비교해 2006년 12월 19일 변화된 사주.

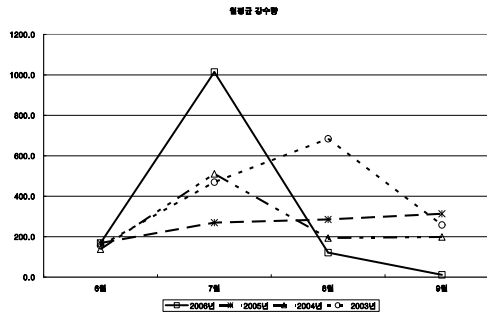


그림 5. 월평균 강수량.

표. 4 여름철 월평균 강수량.

	6월	7월	8월	9월
2006년	168.5	1014.0	121.2	11.2
2005년	168.5	269.4	285.0	313.3
2004년	138.1	510.7	193.3	198.7
2003년	156.0	469.8	684.2	258.2

(source; [http : //www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr))



그림 6. 2006년 7월 양재천 집중호우시와 그 후 경관.

IV. 결 론

실시간 beacon DGPS를 이용하여 여름철 집중 호우 후 양재천 사주변화를 측정한 결과 다음과

같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 2005년 3월에는 대상지역에 4개의 사주가 각각 A 303.50m², B 203.32m², C 53.76m², D 343.46m² 생성되었으나 2006년 7월 서울지방의 집중호우로 인해 2006년 가을 사주의 형태가 크게 변해 2006년 12월 현재 대상지역에 2개의 사주가 917.51m², 190.29m² 각각 생성되었으며 연구대상지역의 좌안의 저수호안은 2005년도 네개의 사주중 A, B 두 사주와 육계화되었다.

둘째, 계속된 하천퇴적작용으로 2005년도 보다 2006년도 사주가 186.68m²로 면적이 증가하였다.

셋째, 현재의 유로는 우안으로 더욱 사행화 될 것으로 예측되며 이에 따라 우안의 저수호안은 침식이 가속화될 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 기상지진사업연구(CATER-2006-3-3-2)의 지원과 배재대 조경학과 서병기교수 연구실과 농촌자원개발연구소의 beacon DGPS수신기 대여로 수행되었으며 저자들은 이에 사의를 표합니다.

인 용 문 헌

노태성. 2002. 도시하천의 홍수 전후와 자연형 하천 공사후의 식물상 변화 -양재천을 사례로- 한양대학교 도시과학대학원 석사학위논문 p.1.

서명석 · 제창언 · 강전호 · 곽종흠. 2005. 2003년 7-8월 집중호우에 대한 MM5의 모의수준. 한국지구과학회 춘계학술발표회 및 교육심포지엄. pp.166-172.

이규석 · 이상화 · 신동훈 · 안승만 · 서병기. 2003. 실시간 beacon DGPS를 이용한 도시하천의 하상 변화파악. 환경복원녹화 6(1) : 51-56.

차은정 · 최영진 · 오재호. 2000. 한반도 여름철 집중호우의 시간·공간 변동 특성 연구. 한국기상학회 봄학술발표회 pp.19-21.

Apan, Armando A, S. R. Raine and M. S. Paterson. 2002. Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment queensland, Australia. Landscape and Urban Planning, 59(2002) : 43-57.

Hoeting, Jennifer A. 1998. Sandbars in the Colorado River : An Environmental Consulting Project. Statistical Science, 13(1) : 9-13.

Murdock, J, D. Roelke and F. Gelwick. 2004. Interactions between flow, periphyton, and nutrients in a heavily impacted urban stream-implication for stream restoration effectiveness. Ecological Engineering, 22(2004) : 197-207.

Marsh, William. 2005. Landscape planning : Environmental applications(4th ed.). N.Y. John Wiley & Sons Inc. p.59.

http : //www.kma.go.kr