

# 신도시 개발에 따른 수문학적 영향 평가를 위한 판교시험유역의 운영

Operation of the Pangyo experimental catchment to assess the hydrological effect by new town development

김철겸\*, 김현준\*\*, 장철희\*\*\*, 노성진\*\*\*\*, 박창언\*\*\*\*\*

Chul Gyum Kim, Hyeon Jun Kim, Cheol Hee Jang, Seong Jin Noh, Chang Eon Park

## 요    지

본 연구에서는 도시화로 인하여 대규모 토지이용 변화가 예상되는 신도시 개발예정지구인 판교 운중천유역을 시험유역으로 선정하고, 2004년 8월부터 수문관측망을 구성하여 장기적인 수문모니터링을 수행하고 있으며, 2007년 현재 시험유역내 4개의 하천수위관측소 (판교교, 삼평교, 매송2교, 내동교), 3개의 우량관측소 (매송2교, 내동교, 운중저수지), 그리고 저수지 및 용수로 수위관측소 (운중저수지) 등 총 8개 지점에 대하여 초음파 수위계 5개, 압력식 수위계 5개, 전도형 강우계 3개가 설치되어 운영중이다. 모든 자료는 10분 단위로 관측되고 있으며, 무선인터넷시스템을 통하여 모니터링 서버에 주기적으로 전송되어, 현장의 계측상황 및 장비에 대한 제어, 자료 분석 및 저장이 가능하도록 되어 있다. 관측된 모든 자료는 홈페이지 (<http://218.148.68.59/kict>)를 통해 실시간으로 제공되고 있다.

핵심용어 : 도시화, 신도시, 판교, 장기유출, 수문계측

## 1. 서 론

도시화는 수문학적으로 산림이나 농경지와 같은 투수지역을 건물, 도로 등의 불투수지역으로 변화시키는 것이며, 이로 인하여 흥수파의 도달시간이 줄어들고 침투유량이 증가하는 등의 수문변화를 수반하게 된다. 도로나 건물 등이 대부분을 차지하고 있는 도시지역에서는 지표면이나 식생으로부터 대기중으로 방출되는 증발산량이 농촌이나 산림지역보다 상대적으로 적으며, 강우시 토양중의 침투량과 지표면의 저류량도 도시지역에서는 매우 적게 나타난다 (한국건설기술연구원, 2006; Cheng과 Wang, 2002; DeFries와 Eshleman, 2004).

신도시 개발 전후의 수문순환을 평가하는 방법 중의 하나는 개발예정지에 대한 장·단기의 수문/수질 관측을 통하여 개발 전과 개발 후의 유출특성과 수질부하를 정량적으로 비교하는 것이다. 본 연구에서는 도시화로 인하여 대규모의 토지이용 변화가 예상되는 신도시 개발예정지구인 판교 시험유역을 선정하여 장기적인 수문/수질 모니터링을 실시하고자 한다. 또한, 판교 시험유역에서 계측된 자료와 유역수문모형을 활용하여 개발전후의 흥수 및 유출특성을 분석하고 도시화가 하천의 수문 및 수질에 미치는 영향을 정량적으로 비교·분석함으로써 효율적인 저감 대책의 수립에 활용할 계획이다.

\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : cgkim@kict.re.kr  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 책임연구원 · E-mail : hjkim@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : chjang@kict.re.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : sjnoh@kict.re.kr  
\*\*\*\*\* 정회원 · 신구대학 건설정보과 부교수 · E-mail : cepark@shingu.ac.kr

## 2. 판교시험유역의 개요

판교시험유역은 한강의 제1지류인 탄천의 제2지류인 운중천이 위치하고 있으며, 북으로 운중천의 지류인 금토천이 위치한 유역이다. 동 지역은 2001년 수도권 지역의 계획적인 신도시 조성을 통한 만성적인 주택난 해소와 강남의 대체도시 조성을 목적으로 개발에 착수하게 되었다. 개발예정지구는 937.6 ha이며, 지구내 운중천과 금토천이 흐르고 있고, 좌우측에는 임상이 양호한 청계산이 위치하고 있으며, 논과 밭은 전체 면적의 37% 정도를 차지하고 있으나 대부분 화훼나 채소재배를 위한 비닐하우스로 이용되고 있다. 시험유역의 면적은 금토천 유역이 9.84 km<sup>2</sup>, 운중천 유역이 13.26 km<sup>2</sup>으로 총 23.1 km<sup>2</sup>의 면적에 해당하는 지역이다.

판교시험유역에 대한 수문관측망 구성을 위해 2004년 8월 운중천 하류의 판교교 지점과 금토천 하류 삼평교 지점, 그리고 두 하천이 합류하는 운중천 본류의 매송2교 지점 등 총 3곳에 초음파 수위계를 설치하고, 전도형강우계를 매송2교 지점에 설치하여 본격적인 수문계측을 시작하였다. 이후 2005년 5월에 운중천 상류 운중저수지와 저수지 용수로 수위 관측을 위해 각각 압력식과 초음파 수위계를 설치하고 금토천 중류부인 내동교 지점에 초음파 수위계와 전도형 강우계를 추가 설치하여 운영하고 있다.

2006년도 5월에는 기존에 초음파수위계가 설치되어 운영중인 판교교, 삼평교, 매송2교, 내동교 지점에 고품질 자료 확보 및 초음파 유속계의 계측오차를 최소화하기 위해 압력식 수위계를 추가 설치하였으며, 시험유역내 강우의 공간분포 특성을 파악하고 강우계 사이의 자료 보완을 위해 운중저수지 지점에 전도형 강우계를 신설하여 운영 중에 있다.

2007년 현재 시험유역 내 4개의 하천수위관측소 (판교교, 삼평교, 매송2교, 내동교), 3개의 우량 관측소 (매송2교, 내동교, 운중저수지), 그리고 저수지 및 용수로 수위관측소 (운중저수지) 등 총 8 개 지점에 대하여 초음파 수위계 5개, 압력식 수위계 5개, 전도형 강우계 3 개가 설치되어 운영중이다. 모든 자료는 10분 단위로 관측되고 있으며, 무선인터넷시스템을 통하여 모니터링 서버에 주기

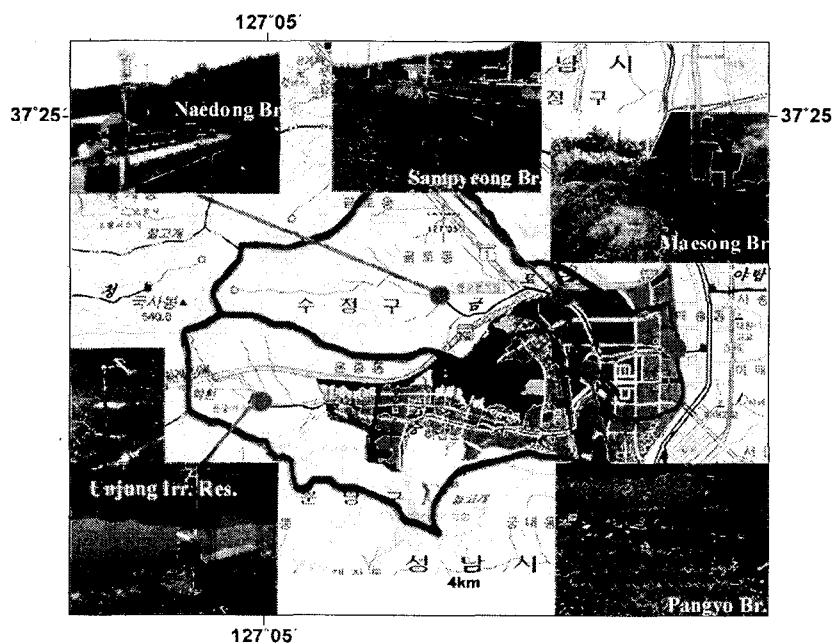


그림 1. 판교시험유역 수문계측지점 및 시설 현황

적으로 전송되어, 현장의 계측 상황 및 장비에 대한 제어, 자료 분석 및 저장이 가능하도록 되어 있다. 관측된 모든 자료는 홈페이지 (<http://218.148.68.59/kict>)를 통해 실시간으로 제공되고 있다.

2005년부터는 수위-유량관계를 구하기 위하여 갈수기 및 홍수기에 유량측정을 수행하고 있으며, 동시에 유사량 및 수온, pH, 전기전도도, BOD, DO, SS, TN, TP 등 13개 수질항목에 대해서도 정기적으로 측정을 하고 있다.

### 3. 수문자료 분석

#### 3.1 강수자료 분석

그림 2는 시험유역 운영을 위해 설치된 매송2교, 내동교, 운중저수지 3개 지점에서의 관측 강수자료와 인근 건교부 관할의 낙생 지점, 기상청에서 운영하고 있는 서울 지점과 수원 지점에 대한 강수자료를 누적시켜 비교한 것이다.

기상청 자료의 경우 2006년도 서울 지점의 강수량이 수원 지점에 비해 연간 320 mm 정도 많은 것으로 나타났으며, 본 시험유역에서 관측되고 있는 세 개 지점 중 결측없이 운영된 매 송2교 지점의 강수량이 수원 지점과 비슷한 값을 보였다. 6월까지는 내동교 지점도 서울, 수원 지점들과 비슷한 경향을 보였으나, 이후 강우가 집중되었던 7/10~8/7에 (이 기간 동안 매송2교 지점의 강우량 717 mm) 기기 고장으로 인한 결측으로 총량에서는 차이를 나타내고 있다. 운중저수지에 설치된 운중 지점의 경우는 2006년도 5월에 신규 설치되어 5/22부터 자료 수집이 이루어졌으며, 이후 경향은 다른 지점들과 비슷한 것으로 나타났다.

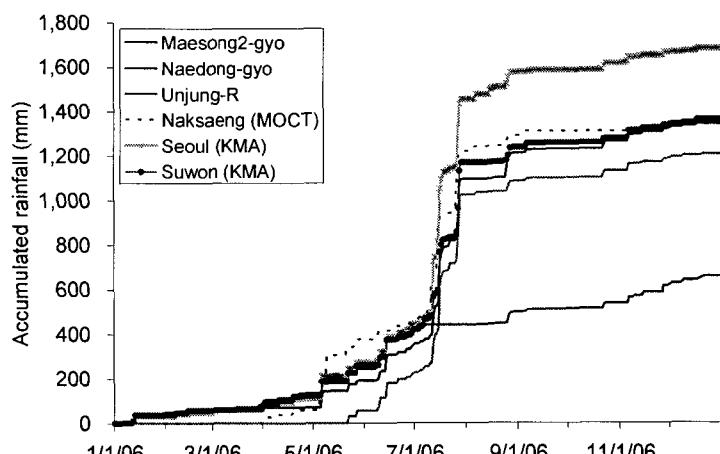


그림 2. 2006년 누적 강수량 비교

#### 3.2 하천유량 분석

##### 가. 일수위 분석

그림 3은 2006년도 관측된 수위 자료에 대해서 각 지점별 초음파식과 압력식 수위를 함께 나타낸 것으로서, 압력식 수위는 설치 이후인 5월부터의 관측값들에 대해서만 비교하였다. 지점에 따라 다소 차이는 있으나 압력식과 초음파식 계측기로부터 관측된 수위값이 큰 차이없이 동일한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 매송2교와 삼평교 지점의 경우 일부 결측기간을 제외하고는 연중 초음파 수위 및 압력식 수위의 계측값이 거의 비슷한 경향을 나타내면서 안정된 결과를 보여주고 있으며, 이에 반해 판교교 지점과 내동교 지점은 7월 이후 많은 결측을 나타내 유량 환산 및 지점별 수위 및 유량 비교에 어려움이 많았다.

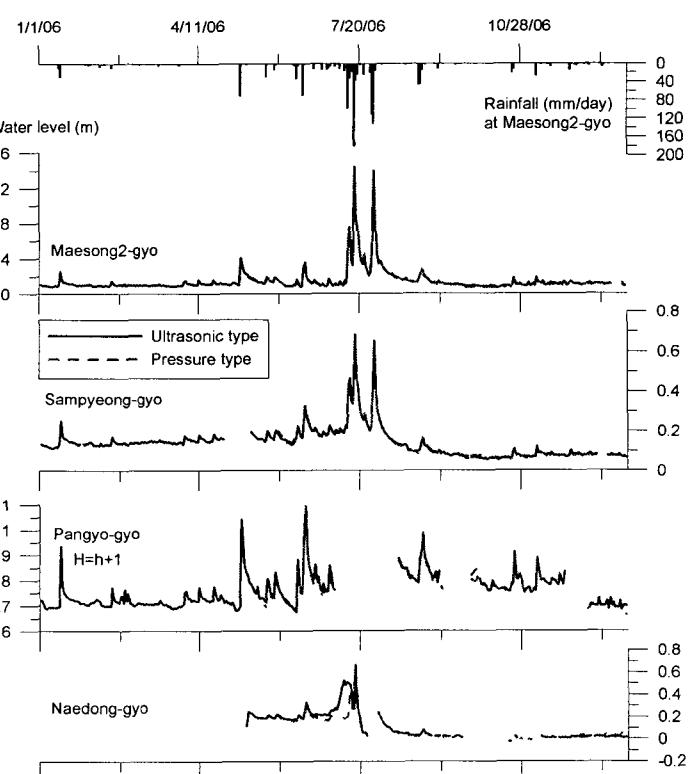


그림 3. 수위관측소별 2006년 수위 변화

#### 나. 일유량 분석

그림 4는 유량 측정 성과로 부터 얻어진 수위-유량 관계식에 따라 일별 유량으로 환산하여 2006년도 각 지점별 하천 유량 변화를 비교한 것이다. 여기서의 유량값은 초음파식 수위로부터 환산된 유량이다. 갈수 시의 유량 비교를 위해 대수축으로 전환하여 비교하였으며, 7월 이후의 경우 판교교 지점의 결측이 많아 정확한 유량 환산 및 비교가 곤란하며, 7월 이전의 경우는 일부 결측 구간을 제외하고는 삼평교와 판교교의 유량값이 비교적 큰 차이없이 비슷한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 즉, 유역면적이 비슷하고 유역의 토지이용이나 토양 등 물리적 특성이 크게 다르지 않은 운중천과 금토천 유역으로부터의 유량이 현재까지는 비슷한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있으며, 앞으로 신도시 개발이 조금씩 진행되고 있는 판교교 상류 유역과 비교적 자연상태로 유지되고 있는 삼평교 상류유역 간의 유량 차이를 지속적으로 검토함으로써 개발에 따른 유출 영향을 정량적, 정성적으로 평가해 나갈 수 있을 것으로 생각된다.

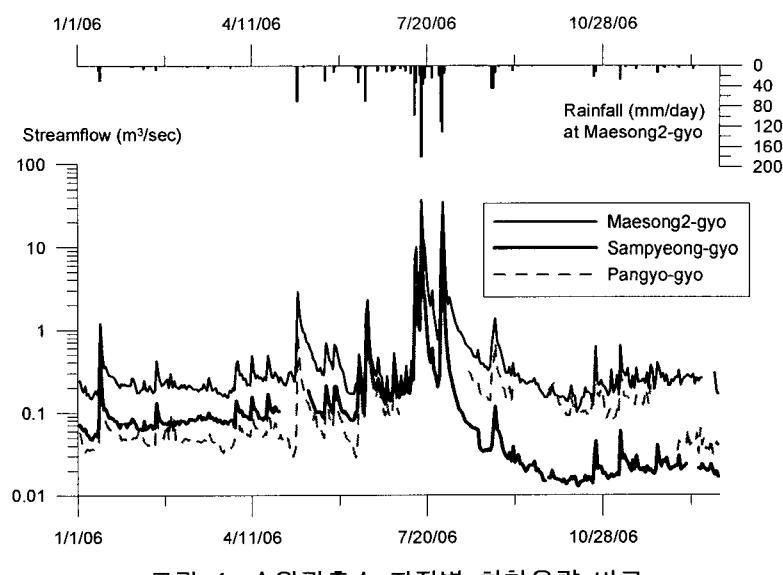


그림 4. 수위관측소 지점별 하천유량 비교

#### 다. 실시간 수위 변화

그림 5는 6/14 9:00~6/15 8:00 기간동안 강우시의 하천 수위 변화를 비교한 것으로서 초음파 수위계 값을 이용하였다. 그림에 나타난 바와 같이 금토천에 위치한 내동교와 삼평교에서의 강우 반응이 다소 빠르게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 수위 변화는 판교교와 매송2교에서 상대적으로 크게 나타났다. 세 지점간 실시간 강우관측값의 차이는 크지 않음을 알 수 있다.

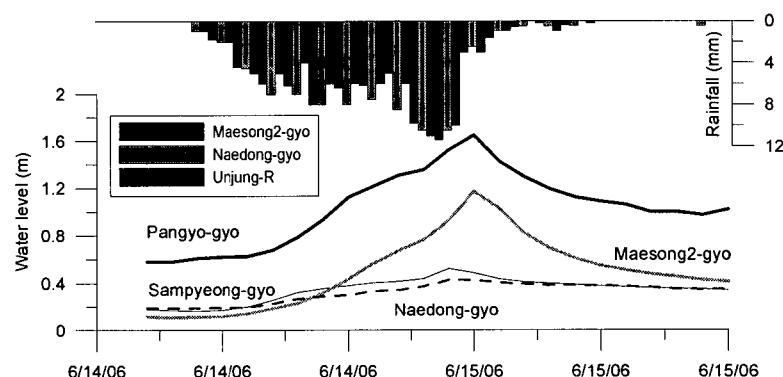


그림 5. 수위관측소 지점별 실시간 수위변화 비교

### 3.3 저수지 물수지 분석

유역내 운중천 본류 상류에 위치한 운중저수지의 경우는 지자체에서 관리하는 소규모 저수지로서 저수지 재원 및 수위-용적 관계 등의 기초 자료를 얻을 수가 없어, 현재 이용 가능한 강수량 자료와 저수지로부터의 유출량 자료를 통해 간단히 유출률에 대한 결과만 검토하였다. 강수량은 운중저수지 지점에 설치된 강우계가 2006년 5월 22일부터 자료가 수집되고 있기 때문에 비교적 자료가 양호한 매송2교 지점의 관측 자료를 활용하였으며, 저수지로부터의 유출량은 여수로를 통

한 월류량과 용수로를 통한 방류량을 합산하여 산정하였다. 그럼 6은 저수위와 용수로 수위의 연간 변화를 나타낸 것으로서, 6/27~8/18과 8/27~8/29 기간에 대해서만 여수로 월류가 발생하고 나머지 기간에 대해서는 월류가 나타나지 않았음을 알 수 있으며, 전체 유출량 중 상당수는 수로를 통한 방류량에 의한 것임을 알 수 있다. 2006년 총 유출량은 603,209 m<sup>3</sup>로서 약 0.37의 유출률을 보였다.

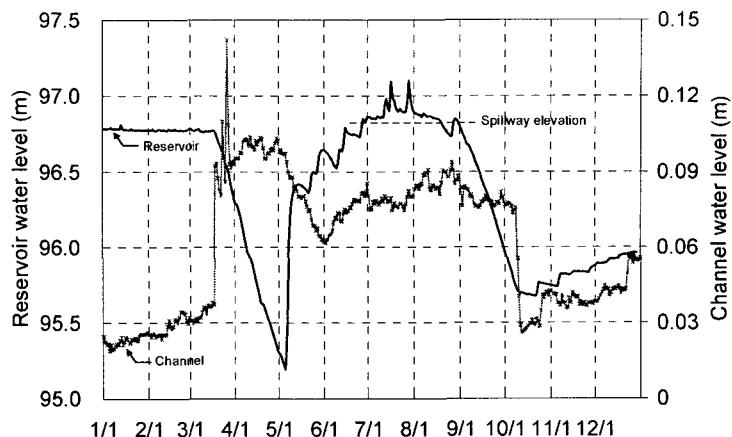


그림 6. 2006년 운중저수지 저수위 및 용수로 수위 변화

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 도시화로 인하여 대규모 토지이용 변화가 예상되는 신도시 개발예정지구인 판교 운중천유역을 시험유역으로 선정하고, 2004년 8월부터 수문관측망을 구성하여 장기적인 수문모니터링을 수행하고 있으며, 2007년 현재 시험유역내 초음파 수위계 5개, 압력식 수위계 5개, 전도형 강우계 3개가 설치되어 운영중이다.

2006년 수집된 자료를 바탕으로 강수, 수위, 유량 등의 수문자료를 분석하였으며, 강수의 경우 인근 건교부 관할의 낙생지점과 기상청 관할의 수원, 서울 지점과 비교한 결과, 일부 지점의 결측을 제외하고는 비교적 양호하게 관측되고 있는 것으로 나타났다. 일 수위 분석에서는 매송2교와 삼평교 지점의 경우 결측기간을 제외하고는 연중 초음파 수위 및 압력식 수위의 계측값이 거의 비슷한 경향을 나타내면서 안정된 결과를 보여주고 있으며, 이에 반해 판교교 지점과 내동교 지점은 7월 이후 많은 결측을 나타내 유량 환산 및 지점별 수위 및 유량 비교에 어려움이 많았다. 각 지점별 일 유량 비교에서는 일부 기간을 제외하고는 삼평교와 판교교의 유량값이 비교적 큰 차이 없이 비슷한 경향을 나타내고 있어, 향후 신도시 개발에 따른 유출 영향을 정량적, 정성적으로 평가해 나갈 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 실시간 수위 비교 결과 금토천에 위치한 내동교와 삼평교에서의 강우 반응이 다소 빠르게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 수위 변화는 판교교와 매송2교에서 상대적으로 크게 나타났다. 유역내 운중저수지에 대한 개략적인 물수지 분석 결과, 여수로 월류와 용수로 방류를 통한 2006년 총 유출량은 603,209 m<sup>3</sup>로서 약 0.37의 유출률을 보였다.

#### 참 고 문 헌

1. 성남시 (2002). 성남시 통계연보.
2. 한국건설기술연구원 (2006). 건강한 물순환체계 구축을 위한 유역진단기법 개발 연구, 건기연 2006-071.
3. Cheng, S. and Wang, R. (2002). An approach for evaluating the hydrological effects of urbanization and its application. Hydrological Processes, 16, pp.1403-1418.
4. DeFries, R. and Eshleman, K.N. (2004). Land-use change and hydrologic processes: a major focus for the future, Hydrological Processes, 18, pp.2183-2186.