

2007년 판교 운중천 유역의 수문 관측자료 분석

Analysis of hydrological monitoring data for the Pangyo Unjung-cheon catchment in 2007

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

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

요 지

본 연구에서는 판교신도시 개발에 따른 도시화에 의한 수문·수질 영향을 평가하기 위한 목적으로 2004년 8월부터 운중천과 금토천 유역에 대해 수문관측망을 구성하여 시험유역으로 운영하고 있다. 판교시험유역은 매송2교를 최종 출구점으로 하는 운중천 유역으로서 도시화 진행이 예상되는 운중천 본류 구간과 달리 비슷한 유역면적의 지류인 금토천 구간은 비교적 자연상태로 유지될 예정이기 때문에 향후 두 하천구간에서의 수문현상을 비교 분석하기에 적합한 장점을 가지고 있다. 현재 운중천 상류의 운중저수지 지점과 하류의 판교교 지점, 금토천 상류의 내동교 지점과 하류의 삼평교 지점, 그리고 두 하천이 합류되어 탄천과 합류하기 전의 매송2교 지점에 4개의 하천수위관측소(판교교, 삼평교, 매송2교, 내동교), 3개의 유량관측소(매송, 내동, 운중), 그리고 운중지 저수위 및 용수로 수위관측소 등 총 8개 지점에 대하여 초음파 수위계 5개, 압력식 수위계 5개, 전도형 강우계 3개가 설치되어 운영중이다. 2005년도부터는 유량 측정과 동시에 유사량 및 수온, pH 등의 수질 항목들에 대해서도 정기적인 측정을 하고 있으며, 2007년 갈수시와 홍수시에 총 62회에 걸친 유량 측정을 통해 지점별 수위-유량 관계를 도출하고, 7~8월 홍수시에는 시간별 시료도 수집하여 강우시의 실시간 유사량 및 수질 변화도 함께 검토하였다.

핵심용어 : 도시화, 신도시, 판교, 도시화, 수문관측, 시험유역

1. 서 론

우리나라는 1960년대 인구 15만의 울산 신시가지를 시작으로, 국토 및 지역개발과 대도시의 주택 및 인구 문제 등의 해결을 위한 정책적인 방안의 하나로 신도시 개발을 추진하게 되었다(국토해양부, 2008, <http://www.moct.go.kr/NewCity/index.htm>). 이러한 신도시 개발에 따른 도시화는 산림이나 농경지와 같은 투수지역을 건물, 도로 등의 불투수지역으로 변화시키는 것으로서, 이로 인해 홍수파의 도달시간이 줄어들고 첨두유량이 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(Bosch 등, 2003).

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 판교신도시 개발에 따른 유역에서의 홍수 및 유출변화, 그리고 수질 영향의 정량적 규명을 궁극적 목적으로 두고 2004년부터 수문관측망을 구성하여 지속적인 수문·수질 모니터링을

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

수행하고 있으며, 그 중 2007년도를 중심으로 수문계측 현황과 관측된 수문 및 수질자료의 분석 결과를 제시하고자 한다.

2. 시험유역 개요

관교시험유역은 운중천 하류의 탄천 합류 전 매송2교 지점을 최종 출구점으로 하고 있으며, 그림 1에서 보는 바와 같이 판교교, 삼평교의 2개 지점은 개발사업지구 내에, 내동교 지점은 사업지구의 영향을 받지 않는 상류에 위치하고 있으며, 매송2교 지점은 사업지구 전체를 상류유역으로 하는 지점에 위치하고 있다.



그림 1. 판교신도시 개발사업 평면도

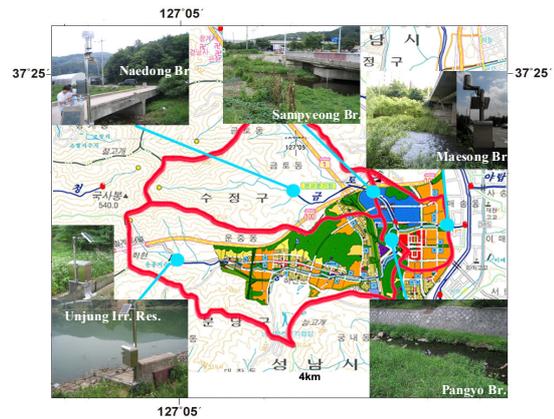


그림 2. 판교시험유역 수문관측망

개발지역은 경기도 성남시 분당구 판교동 일대로서 지구내에는 운중천과 금토천이 흐르고, 좌우측에는 임상이 양호한 청계산이 위치하고 있다. 개발에 의해 주로 운중천 본류 구간을 중심으로 토지이용이 크게 변함에 따라 하천 유황 및 수질이 크게 바뀔 것으로 예상되며, 이에 대한 변화를 파악하고 도시화에 따른 영향을 정량적으로 분석하기 위한 목적으로 한국건설기술연구원에서는 2004년 8월부터 운중천과 금토천 유역에 대해 수문관측망을 구성하여 시험유역으로 운영하고 있다. 판교시험유역은 매송2교를 최종 출구점으로 하는 운중천 유역으로서 도시화 진행이 예상되는 운중천 본류 구간과 달리 비슷한 유역면적의 지류인 금토천 구간은 비교적 자연상태로 유지될 예정이기 때문에 향후 두 하천구간에서의 수문현상을 비교 분석하기에 적합한 장점을 가지고 있다. 현재 운중천 상류의 운중저수지 지점과 하류의 판교교 지점, 금토천 상류의 내동교 지점과 하류의 삼평교 지점, 그리고 두 하천이 합류되어 탄천과 합류하기 전의 매송2교 지점에 4개의 하천수위 관측소(판교교, 삼평교, 매송2교, 내동교), 3개의 우량관측소(매송, 내동, 운중), 그리고 운중저수지 수위 및 용수로 수위관측소 등 총 8개 지점에 대하여 초음파 수위계 5개, 압력식 수위계 5개, 전도형 강우계 3개가 설치되어 운영중이다(그림 2).

3. 시험유역 수문·수질 자료

3.1 강수량 분석

표 1은 2007년도 강수량 현황으로서, 판교시험유역 운영을 위해 설치한 매송, 내동, 운중 3개 지점과 인근 기상청 관할의 서울과 수원 지점, 건교부 관할의 낙생 지점의 강수량을 비교한 것이며, 그림 3은 이들 지점에 대한 월별 강수량을 나타낸 것이다. 수원 지점의 연 강수량이 가장

크게 나타났으며, 매송, 낙생, 서울, 운중은 비슷한 값을 보였다. 내동 지점도 7월까지의 비슷한 경향을 보이고 있으나, 이후 기기 고장으로 인해 제대로 관측이 이루어지지 못했다. 운중 지점의 경우 일부 결측이 발생하긴 하였으나 4월 20일을 제외하고는 강수량이 거의 관측되지 않는 날이 없기 때문에 가장 양호한 관측 상태를 보였다. 일최대강수량은 지점별로 7월 2일, 7월 19일, 9월 14일 등에 기록되었으며, 지점별로 62.5~84.8 mm의 기록을 보였다.

표 1. 2007년도 강수관측 현황

| 관할기관 | 관측소 | 강수량 (mm) | 일최대강수량 (mm) (발생일) |
|---------------|-----|----------|-------------------|
| 한국건설 기술연구원 | 매송 | 1,194.5 | 84.8 (9/14) |
| | 내동 | 641.5 | 62.5 (7/2) |
| | 운중 | 1,214.6 | 72.0 (9/14) |
| 기상청 | 서울 | 1,212.3 | 76.0 (7/2) |
| | 수원 | 1,327.7 | 82.0 (7/19) |
| 건설교통부 | 낙생 | 1,225.0 | 78.0 (9/14) |

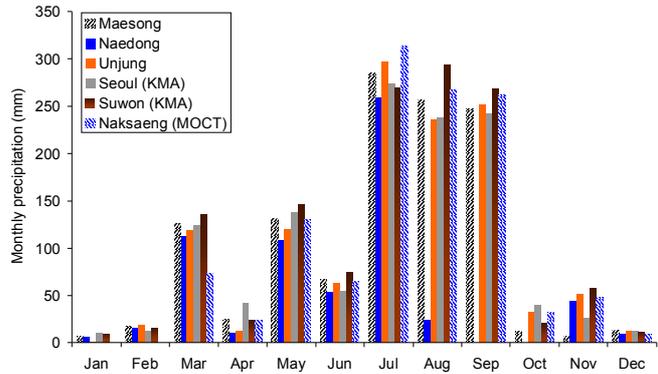


그림 3. 2007년 월별 강수량 비교

3.2 하천유량 분석

표 2는 2007년도 수위관측 현황과 지점별 그리고 계측기기별 기록된 일최대수위를 나타낸 것이다. 매송2교 지점을 제외하고는 대체적으로 이전에 비해 기기운영 상태가 양호하였으며, 특히 판교교, 삼평교, 내동교 지점의 압력식 수위값은 결측이 거의 발생하지 않아 많은 자료를 확보할 수 있었다. 표 2에 나타난 바와 같이 일최대수위는 매송교, 판교교, 내동교 지점에서 9월 15일 발생하였으며, 삼평교 지점에서는 8월 8일 발생하였다.

표 2. 2007년도 수위관측 현황

| 관측소명 | 계측방식 | 일최대수위 (m) (발생일) |
|------|------|-----------------|
| 매송2교 | 초음파식 | 0.836 (9/15) |
| | 압력식 | 0.690 (9/15) |
| 판교교 | 초음파식 | 1.414 (9/15) |
| | 압력식 | 1.422 (9/15) |
| 삼평교 | 초음파식 | 0.346 (8/8) |
| | 압력식 | 0.335 (8/8) |
| 내동교 | 초음파식 | 0.471 (9/15) |
| | 압력식 | 0.476 (9/15) |

그림 4는 각 수위관측소 지점에서의 수위변화를 나타낸 것으로 매송2교 지점에서 초음파식과 압력식 수위값의 차이가 다른 지점들에 비해 크긴 하지만, 기기 위치 및 기기 특성상 나타나는 현상이며 전반적인 경향은 대체적으로 일치하는 것으로 나타났다.

그림 5는 유량 측정 성과로부터 얻어진 수위-유량 관계식에 따라 일별 수위값을 일별 유량으로 환산한 것으로, 여기서의 유량값은 비교적 관측상태가 양호한 압력식 수위로부터 환산된 유량이다. 갈수시의 유량 비교를 위해 유량인 세로축을 대수축으로 나타내었으며, 관측상태가 양호한 운중 지점의 유량자료를 함께 도시하였다. 그림에 나타난 바와 같이 최하류인 매송2교에서의 유량이 가장 크고, 상류측의 내동교에서

의 유량이 가장 작게 나타나고 있다. 또한 유역면적이 비슷한 판교교와 삼평교의 유량은 기간에 따라 다소 차이가 나고 있지만, 아직까지는 큰 차이가 나지 않고 있음을 알 수 있다. 다만 저유량에서는 삼평교의 유량이 높게 나타나고 고유량에서는 판교교에서의 유량이 높게 나타나, 신도시 개발에 따른 영향을 조금씩 반영하고 있다고 판단된다. 향후 개발이 더욱 진행됨에 따라 공사의 영향을 직접적으로 받게 되는 운중천 본류의 판교교와 비교적 자연상태로 유지되는 금토천 하류의 삼평교에서의 유출 차이를 검토함으로써 개발에 따른 유출 영향을 정량적, 정성적으로 평가해 나갈 수 있을 것으로 생각된다.

표 3은 각 지점별 결측을 제외한 관측기간에 대해 강수량과 유출고로부터 유출률을 산정한 결과로서, 시험유역 최하류 지점인 매송2교에서의 유출률이 0.83, 운중천 본류구간인 판교교 지점에서의 유출률이 0.82, 금토천 하류인 삼평교에서의 유출률은 0.74, 상류의 내동교에서의 유출률은 0.82로 나타나 유역 전반적으로 유출률의 차이는 크지 않음을 알 수 있다.

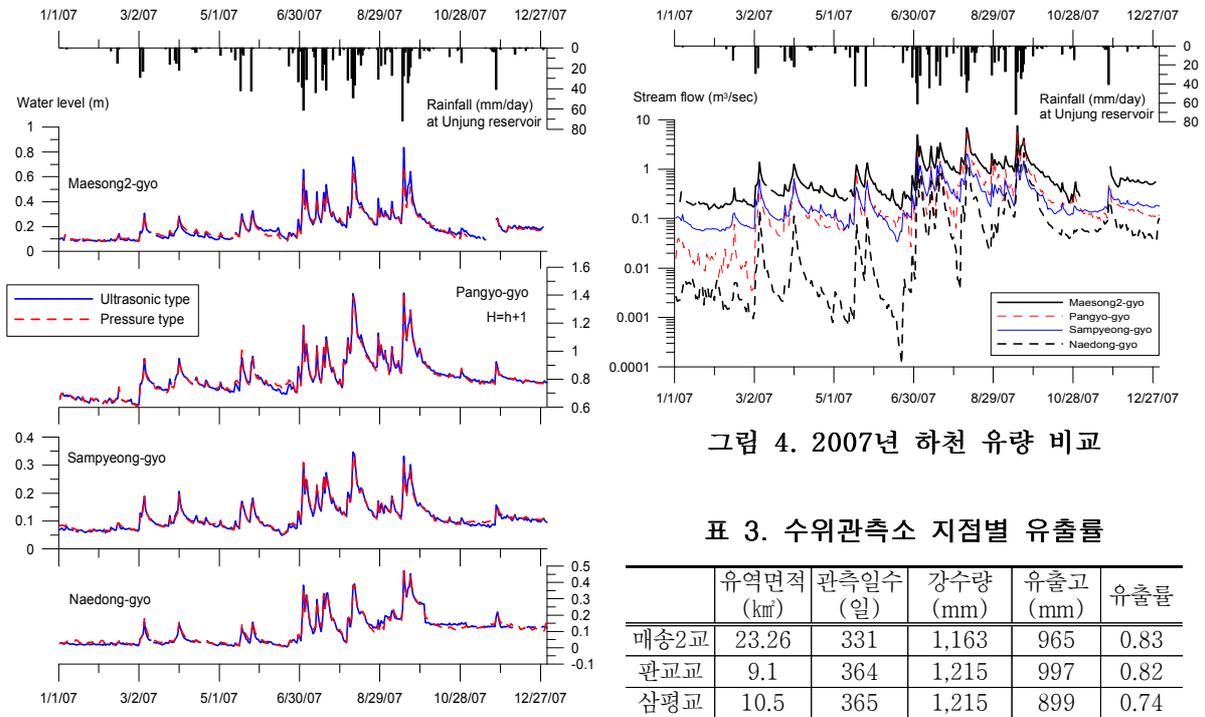


그림 3. 2007년도 수위 변화

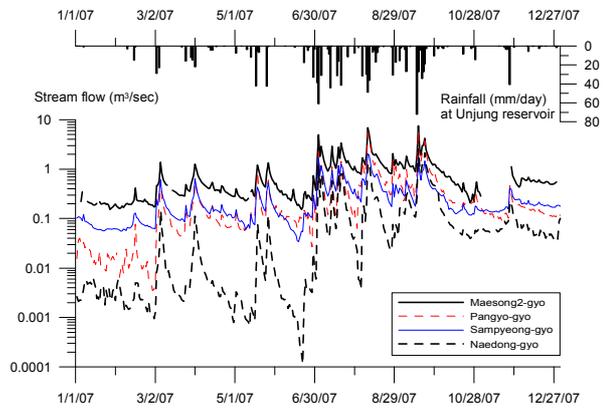


그림 4. 2007년 하천 유량 비교

표 3. 수위관측소 지점별 유출률

| | 유역면적 (km ²) | 관측일수 (일) | 강수량 (mm) | 유출고 (mm) | 유출률 |
|------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|------|
| 매송2교 | 23.26 | 331 | 1,163 | 965 | 0.83 |
| 판교교 | 9.1 | 364 | 1,215 | 997 | 0.82 |
| 삼평교 | 10.5 | 365 | 1,215 | 899 | 0.74 |
| 내동교 | 3.6 | 365 | 1,215 | 992 | 0.82 |

3.3 수질자료 분석

수문관측과 더불어 도시화에 따른 수질 영향도 파악하기 위해 2005년도부터는 유사량 및 수온, pH 등의 수질 항목들에 대해서도 월 1회 정기적인 측정을 하고 있으며, 2007년 7~8월 홍수 시에는 시간별 시료를 수집하여 시간에 따른 변화 양상도 함께 비교하였다.

그림 6은 판교신도시 개발사업의 영향을 가장 많이 받고 있는 판교교 지점에서의 부유사 농도의 장기 변화를 나타낸 것으로서, 공사가 시작된 2006년부터 조금씩 농도가 증가한 것을 알 수 있으며, 홍수시 실시간 관측을 수행한 2007년의 경우는 7월과 8월의 강우사상에 대해서 매우 높은 농도의 부유사가 유출된 것으로 나타났다.

그림 6. 판교교 지점에서의 부유사 농도 변화

그림 7은 매송2교 지점에서의 홍수시 수질변화를 분석한 것으로서, 8월 4일 호우에 의한 T-N, T-P의 농도변화를 유량과 함께 나타낸 것이다. 유출의 변화와 함께 T-N과 T-P의 농도도 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

그림 7. 매송2교 지점에서의 홍수시 유량 및 수질 변화

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 도시화로 인하여 대규모 토지이용 변화가 예상되는 판교신도시 지역의 운중천 유역을 시험유역으로 선정하여 2004년부터 장기적인 수문·수질 모니터링을 수행하고 있다. 2007년 12월 기준으로 유역내 4개 하천수위관측소(판교교, 삼평교, 매송2교, 내동교), 3개 우량관측소(매송, 내동, 운중), 그리고 운중지 저수위 및 용수로 수위관측소 등 총 8개 지점에 대해 초음파 수위계 5개, 압력식 수위계 5개, 전도형 강우계 3개가 설치되어 운영중이다.

관측된 강수량자료의 분석 및 하천 수위-유량의 변화를 통해 각 지점별 유출 특성을 검토하고, 도시화 예정지구인 판교교 상류와 비교적 자연상태로 유지되는 내동교 상류의 유출 비교를 통해 신도시 개발에 따른 유출 특성을 비교 검토하고, 각 지점별 유출율을 산정하였다.

수문관측과 더불어 도시화에 따른 수질 영향도 파악하기 위해 2005년도부터는 유사량 및 수온, pH 등의 수질 항목들에 대해서도 월 1회 정기적인 측정을 하고 있으며, 7~8월 홍수시에는 시간별 시료를 수집하여 시간에 따른 변화 양상도 함께 비교하였다.

참고문헌

1. 국토해양부 (2008), 신도시건설 (<http://www.moct.go.kr/NewCity/index.htm>).
2. 한국건설기술연구원 (2007), 건강한 물순환체계 구축을 위한 유역진단기법 개발 연구, 건기연 2007-099.
3. Bosch, D.J., V.K. Lohani, R.L. Dymond, D.F. Kibler, and K. Stephenson (2003), "Hydrological and fiscal impacts of residential development: Virginia case study", J. WRPM, ASCE, Vol. 129, No. 2, pp. 107-114.