

수문관측 및 GIS를 이용한 청계천 모니터링 연구

Study on the Cheonggyecheon through the hydrological monitoring and GIS

정창삼*, 배덕효** 김문모***

Chang Sam Jeong, Deg Hyo Bae, Mun Mo Kim

Abstract

The restoration project of Cheonggyecheon was conducted to creates the refreshing water-friendly environment in the downtown Seoul. It already have passed almost 2 years after restoration. This project changed environment of Cheonggyecheon dramatically, so historic hydrological data became useless. There are not so many hydrological data to manage and control this newly restored urban stream. The main purpose of this study is collecting and analysing the hydrological data of Cheonggyecheon. At first, we analysed the mechanism of Cheonggyecheon discharge using the sewage design maps and some GIS data. We also monitored the water levels and discharges of 5 main points of Cheonggyecheon. Rating curves of these 5 points were derived. There were 249 blocks of water gates which were located at both sides of bank. We also monitored the behaviors of these water gates. Through the these monitorings, some equations were derived to give useful information to the manager of Cheonggyecheon.

Key words: hydrological data, discharge, rating curves, water gate, monitoring

1. 서 론

서울 도심 한복판에 새로이 복원된 청계천은 통수 후 겨우 2년의 시간이 채 못 지나고 있다. 비록 건설 당시에는 가용한 수문자료를 바탕으로 충분히 안정적인 설계가 이루어졌다고는 하지만, 아직까지 우리는 청계천에 설계의 적정성과 청계천의 운영을 위한 자료가 턱없이 부족한 현실이다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위한 첫걸음으로 청계천에 대한 수문 모니터링을 실시하여 분석하여 보았다.

2. 청계천 유역 및 시설현황

2.1 유역현황

청계천은 유역면적 48km^2 의 중소규모의 도시하천으로 시점부에는 중학천과 백운동천이 연결되고 있으며, 상류에서는 삼각동천이 유입되며, 하류에서는 성복천과 정릉천이 유입된 후 중랑천과 한강 본류의 합류점으로 연결되는 형태를 지니고 있다. 하지만 청계천은 최근 공사를 통해 많은

* 정회원 · 인덕대학 건설환경설계과 교수 · E-mail : csjeong@induk.ac.kr

** 정회원 · 세종대학교 토목환경과 교수 · E-mail : dhbae@sejong.ac.kr

*** 정회원 · 신구대학 토목공학과 · E-mail : munmo310@shingu.ac.kr

변화를 가져왔다. 청계천 유역의 본류 8.12km 구간 가운데 5.84km 구간이 복원공사를 통해 형태의 변화를 가져왔으며, 이와 더불어 도시하천의 유출특성을 좌우하는 하수관로 변경 공사도 이루어졌다. 이에 따라 청계천의 유출의 양상도 과거와 달리 상당한 변화를 가져왔으나 아직까지 이에 대해 구체적으로 연구가 진행된 바는 없다.

청계천과 같은 도시하천 유역을 소유역으로 구분하기 위해서는 관망에 대한 분석이 필수적으로 필요하다. 그림 1의 유역도는 유역도와 관망도를 합성하여 제시한 것으로서 청계천 유역의 하천형상 및 관로에 대한 개요를 파악할 수 있다. 관망에 대한 해석을 기초로 하여 청계천 유역을 본 연구의 주요 관측지점인 5개 지점을 출구점으로 하여 소유역을 구분하여 제시하면 그림 2와 같다. 첫 번째 지점은 모전교 지점을 출구점으로 하는 유역을 나타내고 있으며, 두번째는 삼일교, 세번째는 오간수교, 네번째는 무학교, 다섯번째는 고산자교를 출구점으로 구분된 유역을 나타내고 있다. 표 1은 이에 대한 물리적인 특성값인 유역면적, 유로경사, 유로연장을 나타내고 있다. 표 1에 표시된 유효유역면적은 유역유출이 청계천 유량에 직접적으로 영향을 주는 유역만을 따로 산정한 것이다.

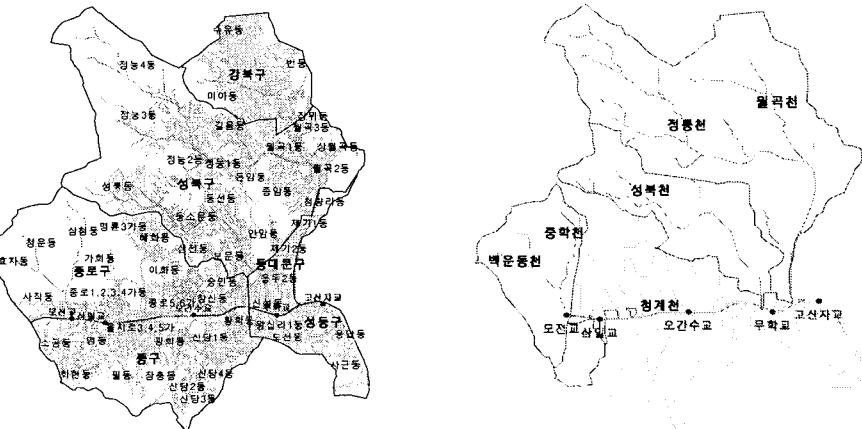


그림 1 청계천 유역도

그림 2 관측지점의 유효집수유역

표 1 청계천 모니터링 지점의 유역 특성

번호	누적 유역면적 (km ²)	누적 유효유역면적 (km ²)	유역경사 (m/m)	유로연장 (km)
1	5.59	5.59	0.111	2.821
2	7.12	6.89	0.086	0817
3	17.30	7.04	0.057	2.008
4	28.66	14.42	0.043	1.872
5	49.7	34.77	0.030	3.326

3. 유량 및 수위 측정 성과

3.1 유량측정성과

청계천은 다른 일반하천들과는 달리 알려진 바와 같이 평수기에는 펌프에 의해서 유량이 공급되며, 홍수기에는 일정량 이상의 유출이 발생하면 펌프에 의한 유량 공급이 중단되고 강우 유출에

의해 유출현상이 발생한다. 따라서 유량을 모니터링하기 위해서는 평수기와 갈수기를 구분하여 유량을 모니터링하여야 한다.

(1) 평시 유량의 검증

청계천에는 그림 3과 같은 지점에서 정해진 유지용수 공급계획을 가지고 있다(구체적인 유지용수 공급량은 지면상 생략함). 본 연구에서는 이러한 유지용수 공급계획을 바탕으로 실측을 통해 평시에 이러한 유량이 실질적으로 운영되고 있는지에 대해 검토하였다.

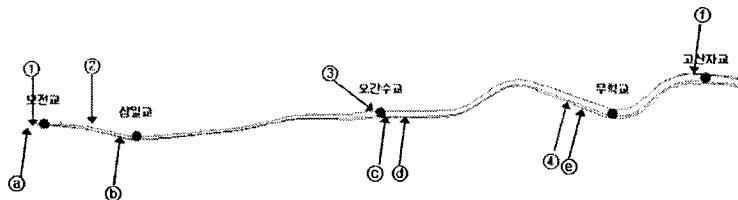


그림 3 청계천 유지용수 공급계획

표 2는 실측 유량과 계획 유량의 차이를 표로 나타낸 것이다. 이 결과를 지점별로 살펴보면, 먼저 모전교 지점의 경우 측정 유량이 계획 공급 유량보다 0.174CMS가량 많은 것으로 측정되었다. 이 양을 비율로 나타내면 계획대비 19%가 큰 값이며, 일단위로 나타내면, 일간 15,000톤이 증가된 결과이다. 이것은 변동성이 큰 지하수 공급의 증가와 측정 일자 전에 발생한 강우(93mm/day, 2006년 5월 6일)에 의한 영향으로 생각된다. 시점부와 달리 삼일교 지점의 유량은 0.095CMS 차이로 비교적 정확한 측정이 이루어진 것으로 판단된다. 이는 0.07% 정도의 오차가 나타나는 것으로 계획 공급 유량이 적정하게 측정되고 있음을 알 수 있다. 오간수교 지점의 경우 0.155CMS 차이가 발생했으며, 공급계획량 대비 12%의 오차가 발생했다. 이 측정값도 모전교 지점과 마찬가지로 지하수의 변동성과 이전 강우에 의한 영향으로 추정되나 좀더 자세한 원인은 보다 많은 측정이 이루어진 다음 분석이 되어져야할 것으로 판단된다.

표 2 유량의 검증 (평시 유지 유량의 검증)

지점명	5월16일 측정유량 (CMS)	계획 유량 (CMS)	차이 (CMS)
모전교	1.084	0.91	0.174
삼일교	1.166	1.07	0.095
오간수교	1.434	1.278	0.155
무학교	1.501	1.552	-0.051
고산자교	1.649	1.620	0.020

(2) 홍수시 유량측정 및 수위-유량관계의 도출

청계천의 모전교, 삼일교, 오간수교, 무학교, 고산자교 등 5개 주요지점에서 홍수기에 3회에 걸쳐 유량측정을 실시하였다. 각 지점에서의 단면적을 알기 위하여 횡단면 측량을 실시하였으며, 유속을 산정하기 위하여 평수시와 홍수시 유속계와 봉부자를 이용하여 측정하였다. 이를 이용하여 각 지점에서의 수위에 대한 유량을 산정하였으며, 이를 이용하여 수위-유량곡선식도 작성하였다.

통수 후 2년이 지난 2006년에 작성한 수위-유량 관계식의 정확성을 검토하기 위하여 최초 건설

연도인 2005년의 자료와 비교하였으며, 대부분의 경우 다소 차이가 남을 알 수 있다. 그러나 일부 하류지점에서는 비교적 안정적인 결과를 보이기도 하였는데, 2006년 측정치와 2005년 측정치에 차이가 나는 가장 큰 이유는 작년에는 공사중에 측정했기 때문이라고 판단된다. 하지만 무엇보다 앞으로 정확한 데이터를 만들려면 각 지점마다 목자판 수위계를 반드시 설치할 필요가 있다고 생각된다. 각 지점의 수위가 목자판 수위계와 일치되어야 실시간으로 수위를 확인할 수 있어 정확한 수위-유량관계곡선을 만들 수 있다. 그렇지 않고 초음파 수위계로만 한다면 초음파 수위계의 수위에 이상이 생겼을 경우는 정확한 유량을 산정할 수 없어 앞으로도 정확한 데이터를 만들 수 없다고 생각된다. 표 3은 2005년과 2006년에 작성된 수위-유량관계곡선을 나타낸 것이다.

표 3 2005,2006년 수위-유량 관계곡선

지점	2005년 연구결과	2006년 연구결과	비고
모전교	$Q=25.0053(h-0.0499)^{1.8765}$	$Q=24.7924(h-0.0612)^{1.0064}$	
삼일교	$Q=17.4819(h-0.02199)^{1.8033}$	$Q=36.5213(h-0.3186)^{0.7636}$	
오간수교	$Q=8.6519(h+0.0739)^{2.1679}$	$Q=25.9713(h-0.4596)^{0.8319}$	
무학교	$Q=0.1588(h+1.9771)^{4.2320}$	$Q=4.4683(h+0.4507)^{3.150}$	
고산자교	$Q=44.0573(h-0.2057)^{1.7751}$	$Q=36.8022(h-0.0462)^{2.0705}$	

3.2 수위

청계천 수위는 주요 5개지점에서 초음파 수위계를 이용하여 1분단위로 관측을 실시하고 있다. 수위분석에서는 지점별 shifting 현상, 하류 지역 배수 현상 등을 파악할 수 있었다. 수위분석에 관한 자세한 내용은 지면상 생략하기로 한다.

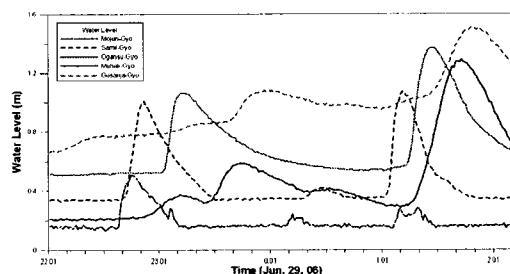


그림 4 2006년 6월 29일 주요지점 수위

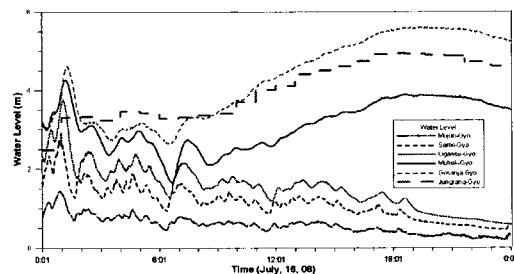


그림 5 2006년 7월 16일 주요지점 수위

4. 수문열림의 관측과 분석

청계천은 제방의 좌우안에 걸쳐 54개지점 249개의 수문군이 존재하며 일정량 이상의 강수가 발생하면 그림 6 (세운교 지점)과 같이 수문열림이 발생한다. 본 연구에서는 호우 사상별로 다양한 수문열림 현상을 모니터링하여 그 특성을 추정하여 보았다. 그림 7은 수문열림 특성 분석을 통해 강우발생시 수문열림이 우선 발생하는 지점을 군집화하여 도시한 것이다.

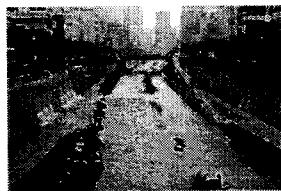


그림 6 수문열림현상

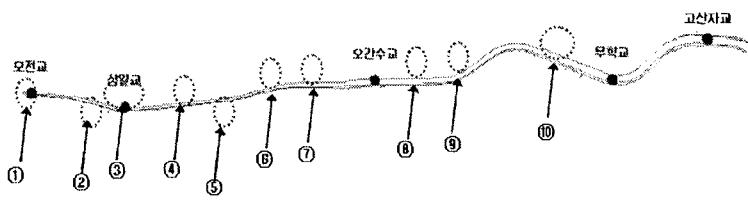


그림 7 수문열림 모니터링의 군집화

5. 결 론

본 연구는 청계천에 대한 다양한 수문자료 및 GIS자료를 모니터링 및 분석하여 향후 청계천의 유지 관리에 기초가 되는 자료를 구축하는데 목적이 있다. 이러한 목적에 따라 연구를 실시한 결과 아래와 같은 몇 가지 결론을 얻게 되었다. 향후 지속적인 연구결과가 축적될 경우 청계천에 대한 바른 이해와 보다 정확한 운영이 가능할 것으로 기대한다.

(1) 청계천 유역 특성 분석

청계천과 같은 도심하천은 일반 자연하천과 달리 유역 구분이 매우 어려우며, 하수관망에 대한 분석이 요구된다. 본 연구에서는 각종 GIS자료, 하수관망과 설계단면 분석을 통해 수위관측이 이루어지는 5개 지점을 중심으로 유역을 구분하여 유역 유출 분석을 위한 기초자료를 생성하였다. 유역구분의 결과 직접유출 유역과 관로 유출 유역을 구분하여 청계천 유출 현상을 이해하는데 중요한 자료를 얻게 되었다.

(2) 수위자료 분석

수위분석을 통해 직접유출유역면적이 큰 모전교와 삼일교 유역의 수위상승이 가장 먼저 진행되는 특징을 규명하였다. 또한 연속된 장마와 같이 강우량이 큰 사상에 대해서는 모든 지점의 수위가 거의 유사하게 상승하는 특징이 나타났다. 한편 한강의 수위가 상승하는 경우 하류유역인 무학교 지점 이하 지역에서 중랑천과 더불어 배수효과가 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 향후 하류 방재활동을 위해서는 한강 및 중랑천의 수위를 동시에 모니터링 하여야 하며, 수치모형의 적용을 통한 배수위 영향을 보다 면밀하게 분석해야 할 것으로 판단된다.

(3) 유량측정 및 분석

2006년 유량 측정은 청계천 완공 후 최초로 실시된 유량 측정으로 공사가 진행 중이던 2005년의 유량측정 결과와 다소 차이를 나타내었다. 수면의 변동 및 관측오차에 기인하는 것으로 판단되며, 향후 안정적인 수위-유량 관계 곡선을 얻기 위해서는 지속적인 관측이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 서울특별시(2002) 한강수계 하천정비기본계획(중랑천).
2. 서울시정개발연구원(2003) 청계천복원 타당성 조사 및 기본계획 보고서.
3. 서울특별시(2003) 청계천 복원 하천정비 기본계획.
4. 서울특별시 건설안전본부(2003) 청계천복원 건설공사 제1,2,3공구 실시설계, 설계보고서
5. 서울특별시(2003) 청계천 복원 건설공사 수리 및 수치모형 실험
6. 서울특별시 시설관리공단(2005) 청계천 하천모니터링 연구보고서.