

LSPIV기법을 이용한 탄천(대곡교) 유량측정

The Discharge Measurement of Tancheon using LSPIV

김서준*, 윤병만**, 류권규***, 주용우****

seo jun Kim, byung man Yoon, kwon kyu Yu, yong woo Joo

요 지

영상측정기법을 적용하여 경제적이고 효율적인 유속 측정 방법에 대하여 많은 연구들이 진행되어 왔다. 현재 이동식 LSPIV 시스템은 실험실의 수리모형실험과 현장의 국부적인 유속측정에 효율적으로 이용되고 있지만, 고정식 LSPIV 시스템의 적용에는 많은 문제점들이 있어서 현장 적용이 미루어져왔다. 고정식 LSPIV 시스템은 수문분석에 많이 의존하고 있는 현재의 홍수량 산정에 좀 더 정확한 유속과 수위를 동시에 고려할 수 있는 하천유량측정 시스템이다. 이는 과거 하천유량측정 시 많은 비용과 인력 그리고 위험성들을 대폭 줄일 수 있는 현장 모니터링 시스템의 구축을 가능하게 해줄 수 있다.

본 연구에서는 LSPIV (Large Scale Particle Image Velocimetry) 시스템을 탄천(대곡교)에 설치하여 연속적으로 유량 측정을 하였다. 탄천(대곡교)에 적용된 고정식 LSPIV 시스템은 유속측정을 위한 디지털 카메라 2대와 컴퓨터 그리고 수위 측정을 위한 DCU1104 초음파 수위계로 구성된다. 위의 현장 장비들에서 들어온 실시간 영상과 수위자료는 CDMA 무선통신을 이용하여 서버컴퓨터로 들어와서 인터넷에서 손쉽게 받아 볼 수 있다. 이와 같이 실시간으로 들어온 입력 자료는 LSPIV 프로그램을 이용하여 언제 어디서나 비교적 정확한 유량을 산정할 수 있다. 또한 실시간으로 들어오는 하천 영상을 통해 실시간 현장 모니터링도 가능하게 되고 시간적으로 연속적인 영상을 얻을 수 있기 때문에 하천 유량 변화를 쉽게 알 수 있다.

따라서 과거 현장에서 어렵게 측정하여 얻을 수 있던 유속자료를 간단한 실시간 영상 분석만으로 구할 수 있으므로 앞으로 유량조사에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 유량측정, 고정식 LSIV 시스템, 영상 분석

1. 서 론

최근 기상이변과 도시개발에 등으로 인하여 어느 때보다도 정확한 홍수량 산정에 대한 관심이 많아지고 있다. 하지만 과거 수문자료의 부정확성과 자료부족 등으로 인하여 수자원계획 수립과 홍수예측 등에 대한 대책 마련에 많은 어려움을 겪고 있다. 그리고 수문분석에서 제시하고 있는 홍수량 산정에도 개선해야 할 부분들과 정확도에 대한 한계가 있기 때문에 직접 하천 유량측정의 필요성이 증대되고 있다. 하지만 하천 유량측정은 무엇보다도 많은 인력과 비용 그리고 위험성들이 따르기 때문에 국부적으로 이루어져왔고 이에 따라 종합적인 하천 유량측정의 틀을 잡기에는 많은 어려움이 따르고 있다. 또한 그동안 사용하던 봉부자를 이용한 방법이 많은 오차를 가지고 있기 때문에 많은 비효율적인 부분들이 지적되어왔다.

이에 본 연구에서는 LSPIV 기법을 이용한 유량측정 방법을 하나의 시스템으로 구축하여 현장에 적용하여 보았다. 최근 영상기술과 IT기술의 발달로 정지영상의 획득 과정을 자동화할 수 있었으며, 획득된 영상을 언제 어디서든 분석하여 확인할 수 있도록 유비쿼터스적인 시스템을 구축하였다.

그동안 LSPIV 기법에 대한 연구(Fujita et al., 1998; 노영신, 2005; 노영신 등, 2005) 가 많이 진행되어 오면서 이

* 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : seojuny79@hanmail.net

** 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : bmyoon@mju.ac.kr

*** 정회원 · 동의대학교 토목공학과 교수 · E-mail : pururumi@hotmail.com

**** 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : swish48@nate.com

동식 LSPIV 시스템의 다양한 활용에 비하여, 고정식 LSPIV 시스템은 해결해야 할 많은 문제들 때문에 연구 개발이 늦은 감이 있다. 그것은 이동식 LSPIV의 경우 유속 측정에 주안을 두나, 고정식 LSPIV 시스템은 실시간 유량 측정에 주안을 두는 차이가 있기 때문이다. 즉, 고정식 LSPIV 시스템은 좀 더 정확한 분석 기술 개발과 시스템 구축에 대한 준비 과정 등을 거쳐야 한다. 본 연구에서는 향후 유량측정의 새로운 대안으로 LSPIV 시스템을 2006년 9월 탄천(대곡교)에 설치하여 유량측정을 수행하였다. 그 결과로 LSPIV 시스템을 구축하면서 생기는 문제점에 대한 분석과 개선책을 찾는 노력을 하였으며, 현장 모니터링을 통하여 얻은 1차원 유속계를 이용한 유량산정 결과와 비교하고, 과거 수위-유량 관계곡선과 비교하여 유량측정의 타당성을 검토해보았다.

2. LSPIV 시스템

2.1 시스템 설치작업

고정식 LSPIV 시스템의 설치에 있어서 설치지역 선정이 우선되어야 한다. 먼저 흐름 특성이 변하지 않는 직선 구간으로 선정하고 하상 변동이 심하지 않은 곳을 선정하는 것이 유리하다. 이에 따라 대상 하천에 대한 유량 측정 장소를 선정하였다. 본 연구에서 사용한 지점은 그림 1과 같이 탄천 하류에 위치한 성남 수위-유량관측소로 선정하고, 교각에 의한 흐름 영향을 받지 않도록 교각과 약 100m정도 떨어진 위치에 유량측정 단면을 선정하였다. 이 지점은 서울특별시(2006)에서 운영하는 수위관측소가 있다. 지점의 현황과 설치된 시스템은 그림 1 및 그림 2와 같다.

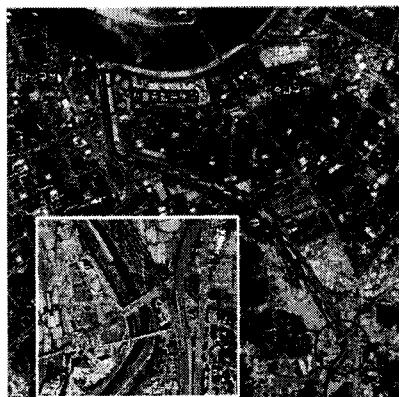


그림 1. 탄천(대곡교) 유역도



그림 2. 대곡교 현장 시스템

그리고 LSPIV 기법을 이용한 유량측정시 영상보정을 위하여 그림 3과 같이 6개의 기준점을 선정한 후 측량을 통하여 각 점의 상대좌표를 획득하였으며, 그림 4와 같이 유량측정 단면의 횡단면 측량을 통하여 유량 산정시 수위 변화에 따른 수심값의 얻을 수 있도록 수위표의 표고를 포함하는 횡단면 좌표를 획득하였다.

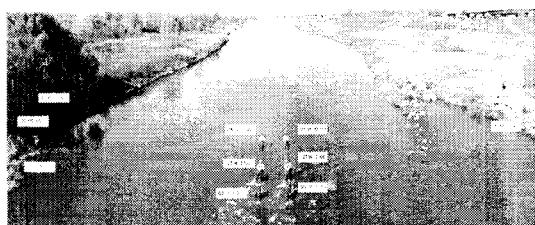


그림 3. 기준점 측량성과

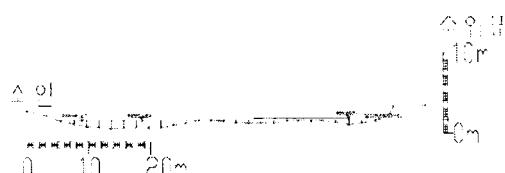


그림 4. 횡단면 측량성과

2.2 LSPIV 시스템의 유량측정과정

LSPIV 기법을 이용하여 최적의 유속 분포를 얻기 위해서는 시간차를 가지는 정지영상과 수심값이 필요하다. 대상 지점에서는 2대의 디지털카메라로 촬영된 4장의 정지영상을 현장에 설치되어 있는 컴퓨터에 저장되어 영상을

CDMA 기술을 적용하여 무선으로 서버컴퓨터에 옮길 수 있었다. 서버컴퓨터에 들어온 영상은 인터넷에서 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 마찬가지로 DCU1104 초음파수위계에서 측정된 수위값도 실시간으로 인터넷에 전송하여 영상과 마찬가지로 언제나 손쉽게 얻을 수 있도록 시스템을 구축하였다. 그러므로 촬영된 영상과 수위값은 유비쿼터스적인 환경을 구축하여 언제 어디서나 원하는 시간대의 영상을 이용하여 유량분석을 할 수 있도록 하였다. 다음 그림 5는 LSPIV 시스템의 개념도이다.

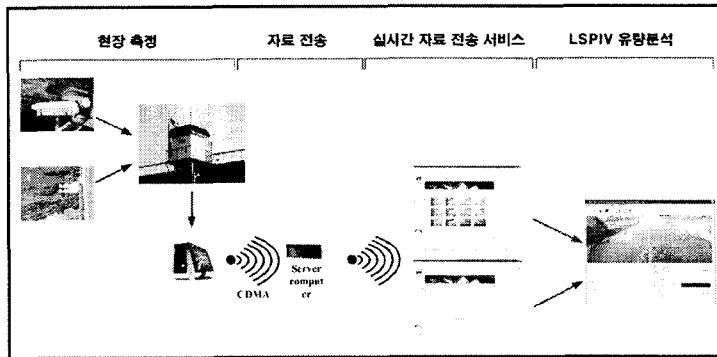


그림 5. LSPIV 시스템의 개념도

3. LSPIV 기법을 이용한 영상분석

3.1 다중카메라를 이용한 영상분석

하천 폭이 50m이상이 되는 하천일 경우에는 하나의 카메라로 제방을 포함한 하천 전체를 촬영하기가 어렵다. 이에 본 연구에서는 2대의 디지털카메라를 사용하여 하천 전체의 영상을 획득하였다. 먼저 2대의 디지털카메라를 사용하여 유량측정 단면을 좌안과 우안으로 나누어 영상이 겹칠 수 있도록 하였다. 그림 4~5는 2대의 디지털카메라를 사용하여 촬영하여 유량측정 단면을 표시한 영상이다. 이와 같이 획득된 영상을 이용하여 새로 개발된 실시간 용 LSPIV 프로그램을 이용하여 분석을 하게 된다. 향후 다중카메라 기법을 이용한다면 폭이 넓은 하천에서의 LSPIV 시스템 적용도 가능할 것이라 판단된다.

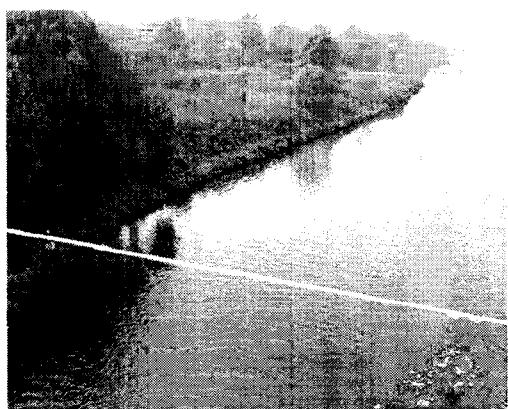


그림 6. 탄천(대곡교)의 좌안



그림 7. 탄천(대곡교)의 우안

3.2 유속계를 이용한 유속 검증

LSPIV 기법을 이용하여 얻은 유속값을 검증하기 위해서 현장측정을 수행하였다. 2006년 11월 17일에 영상분석을 통하여 최적의 유속 측정단면을 선택하여 2m간격으로 1차원유속계를 가지고 유속을 측정하여 표 1과 같은 결과를 얻었다.

표 1. LSPIV 유속 검증 (단위: m/s)

거리	2m(우안)	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
유속계(m/s)	0.132	0.142	0.292	0.450	0.459	0.484	0.512	0.478	0.317	0.155
수심(m)	0.47	0.76	0.87	1.00	0.90	0.88	0.93	0.90	0.64	0.33
거리	22m	24m	26m	28m	30m	32m	34m	36m	38m	40m
유속계(m/s)	0.043	0.000	0.039	0.427	0.640	0.935	0.975	1.055	0.673	0.443
수심(m)	0.17	0.00	0.12	0.28	0.38	0.34	0.41	0.17	0.09	0.17
거리	42m	44m	46m	48m	50m(좌안)					총 유량
유속계(m/s)	0.285	0.292	0.255	0.142	0					9.125 m ³ /s
수심(m)	0.08	0.27	0.63	0.42	0.13					

그리고 LSPIV프로그램을 이용하여 그림 6과 같이 유속측정을 한 결과 10.054 m³/s의 유량측정값을 얻을 수 있었다. 두 자료를 비교한 결과 LSPIV기법으로 측정한 유량값과 유속계를 이용하여 측정한 유량값과의 차이는 약 9.3 %정도로 나타났다. 연구 수행기간이 갈수기에 해당하는 겨울이었다는 점을 감안하면 만약 홍수시 수심이 확보된다면 좀 더 정확한 유속값을 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

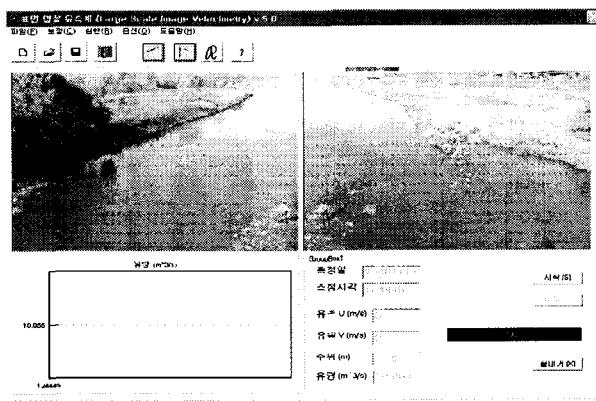


그림 6. 실시간용 LSPIV 프로그램 분석 결과

3.3 LSPIV 시스템의 한계

현재 탄천(대곡교) 지점의 LSPIV 시스템은 하루 중 8시, 12시, 16시, 18시에 총 4번 촬영을 하여 영상을 획득하고 있다. 이는 빛이 없는 야간이나 일출, 일몰시에 빛의 반사 때문에 분석 가능한 영상을 획득하기 어렵기 때문이다. 야간촬영에 대한 대안으로 적외선 촬영을 이용한 영상 분석을 수행한 결과 해상도가 떨어져 분석이 불가능한 영상밖에는 얻을 수가 없었다. 향후 빛에 대한 한계를 극복한다면 더 많은 시간대의 영상을 획득하여 분석을 수행할 수 있을 것이다. 또 다른 문제점들로 심한 강풍과 강우시 표면에서의 흐름을 분석하기 어려운 점도 발견하였으며, 이는 현장에서 다양한 시도를 통하여 극복할 수 있으리라 판단된다. 그리고 설치 후 전력이 떨어지는 문제와 무선통신의 장애 때문에 어려움이 있었으나 이는 유지관리의 문제이므로 충분히 해결할 수 있는 부분이라 판단된다.

3.4 유량측정성과의 비교 및 분석

LSPIV 시스템을 이용하여 2007년 2월, 3월, 4월의 유량을 측정하였다. 하루에 한번씩 연속적으로 측정된 유량은 그림 7~9와 같다. 비교적 큰비가 없는 시기이므로 큰 유량에 대해서는 비교를 해볼 수 없었으나, 서울시에서 주관하여 1999년과 2006사이의 홍수시 봉부자를 이용한 유량측정성과와 비교하여도 거의 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 그림 10은 봉부자를 이용한 대곡교의 유량측정성과이다. 이와 같이 LSPIV 시스템의 한계들을 극복하여 매시간 유량측정이 가능하다면 앞으로 유량측정의 새로운 대안이 될 것이라 판단된다.

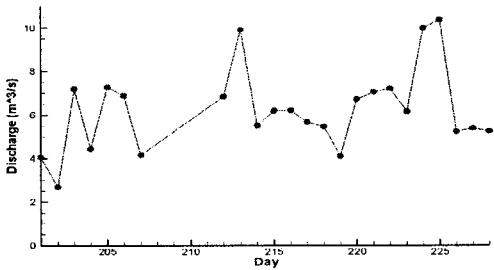


그림 7. 대곡교 2월 유량측정성과(LSPIV)

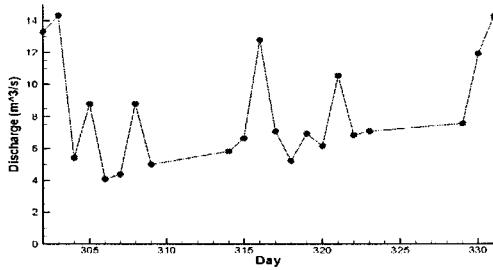


그림 8. 대곡교 3월 유량측정성과(LSPIV)

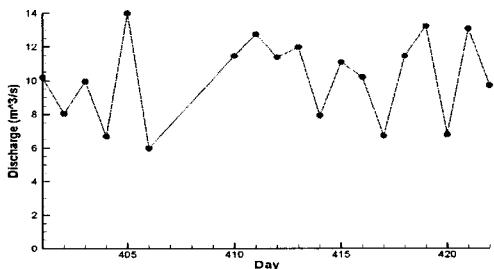


그림 9. 대곡교 4월 유량측정성과(LSPIV)

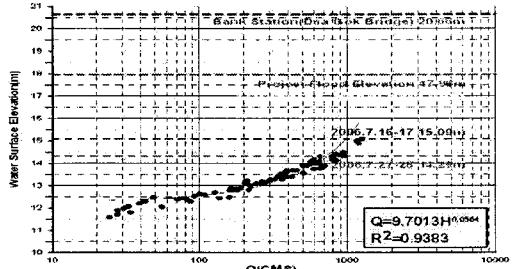


그림 10. 대곡교 유량측정성과(봉부자)

4. 결 론

수자원계획 수립과 홍수예측 등에 대한 대책 마련을 위한 하천 유량측정은 매우 중요하다. 본 연구에서는 탄천(대곡교)지점에 LSPIV 시스템을 적용하였다. LSPIV 시스템은 예전 이동식 LSPIV가 일회성 장비인 것과 다르게 교량 위에 고정시킴으로써 연속적인 유량값을 얻을 수가 있다. 고정된 LSPIV 시스템을 만들기 위해서 본 연구에서는 다중카메라 기법과 초음파수위계를 이용한 수심측량 방법을 적용하였다. 뿐만 아니라 실시간으로 정지영상과 대상지점의 수위값을 인터넷에서 손쉽게 얻을 수 있도록 유비쿼터스적인 유량조사시스템을 구축하였다. LSPIV 시스템의 설치함으로써 얻은 유량값과 1차원유속계를 이용한 유량값의 오차가 약 9 % 정도임을 확인하였다. 이는 아주 정확한 유량값은 아니지만 매우 경제적이고, 효율적이면서도 빠른 시간 안에 분석을 할 수 있다는 이점들을 찾을 수 있었다. 그리고 영상 활용시 시간적 한계, 강우와 강풍과 같은 자연적인 제약 및 유지 보수에 따른 보완사항들도 찾을 수 있었다. 하지만 언제 어디서나 LSPIV 프로그램을 이용하여 신속하게 유량을 측정 할 수 있고, 실시간으로 하천영상의 검색이 가능하므로 현장을 가지 않더라도 하천의 원하는 정보를 얻을 수가 있어서 앞으로 활용할 수 있는 부분이 많을 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원지원(과제번호 2-1-1)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Fujita, I., Muste, M. and Kruger, A. (1998), "Large-Scale Particle Image Velocimetry for flow analysis in hydraulic engineering application", Journal of Hydraulic Research, IAHR, Vol.36, No.3, 397
- 노영신 (2005), 영상해석기술을 이용한 하천유량측정기법 개발, 명지대학교 토목환경공학과, 박사학위논문
- 노영신, 윤병만, 류권규 (2005) “표면유속을 이용한 평균 유속의 추정방법의 개발”, 한국수자원학회논문집, 제38권 제11호, pp.917-925.
- 서울특별시 (2006) “대학과 연계한 하천관리에 대한 연구 용역 (2단계 1차) 보고서”