

표면영상유속계를 이용한 유량측정기법의 정확도분석

The Accuracy Analysis of Discharge Measurement Technique using Surface Image Velocimetry

김서준*, 주용우**, 임윤성***, 윤병만****

Seojun Kim, Yongwoo Joo, Yoonsung Lim, Byungman Yoon

요 지

최근 개발된 SIV(Surface Image Velocimetry)를 이용한 유속측정기법은 비교적 짧은 시간동안에 급격히 변화하는 홍수시의 유량을 정확도를 유지하면서도 간편하고 안전하게 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 폭이 넓은 하천에서 정확도가 떨어지고, 야간에 영상획득이 어려운 등 사용상 몇 가지 문제점이 발견되어 문제점을 개선하기 위한 노력과 아울러 적용 가능한 환경 기준의 설정이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 표면영상유속계의 적용에 따른 환경기준을 개선하기 위하여 수표면의 빛의 밝기에 따른 기준과 영상 획득시 카메라 각도의 기준을 수리실험을 통하여 제시하였다.

빛의 밝기에 따른 정확도 분석을 수리실험을 통하여 검토한 결과 수표면의 빛의 밝기를 150 Lux이상으로 설정하여야 하는 것으로 확인되었다. 카메라의 각도 변화에 따른 정확도를 분석 해 본 결과 세장비가 1 : 3에서 1 : 5 사이에서는 부분적으로 필터링을 하여야 할 것으로 판단되고, 1 : 5를 넘는 경우에는 오차율이 15 % 이상 발생되므로 지양하여야 할 것으로 판단된다. 그리고 강우시 현장 영상을 이용하여 유속을 계산하고 그 결과를 댐 방류량과 비교하여 정확도를 분석한 결과 저유량일 경우 최대 25 % 정도의 오차를 보였고, 평수시에는 약 10 % 정도의 오차를 보였다.

핵심용어: SIV(표면영상유속계), 유량측정, 정확도 분석

1. 서 론

국내의 경우 하천유량측정기법은 평수시에는 유속계를 이용한 유속측정기법을 이용하고, 홍수시에는 봉부자를 이용한 유속측정기법을 주로 이용하였다. 하지만 이와 같은 방법들은 현장에서 직접 유속을 측정하는 방법으로 측정에 있어서 시간과 인력이 많이 요구되었고 지속적인 유량측정이 어려운 방법들이었다. 따라서 최근에는 IT기술의 발전과 더불어 유속측정 분야에도 많은 변화가 이루어지고 있다. 예를 들어 영상분석을 이용한 입자영상유속계(PIV)를 현장에 응용한 형태의 표면영상유속계(SIV)를 이용한 유속측정기법이 현장에 적용되어 뛰어난 유량측정 성과를 보이고 있다. 표면영상유속계를 이용한 유속측정기법들은 기존의 직접유량측정방법을 개선하여 무인 자동현장유량측정이 가능하도록 하여 유량측정에 따른 노력을 대폭 줄일 수 있고, 지속적인 유량측정이 가능하다는 장점이 있다(노영신 등, 2002; 김서준, 2007). 하지만 표면영상유속계를 이용한 유량측정방법은 현재 다양한 현장 상황에 대하여 유량측정 성과의 정확도에 대한 의문들을 완벽하게 해결하지 못하고 있기 때문에 사용상의 기준과 현장상황에 따른 유량측정 성과에 대한 정확도 분석을 통하여

* 정회원·명지대학교 토목환경공학과 박사과정-E-mail: seojuny@paran.com
** 정회원·명지대학교 토목환경공학과 석사과정-E-mail: mjuyw@hanmail.net
*** 정회원·명지대학교 토목환경공학과 석사과정-E-mail: heyoops@hanmail.net
**** 정회원·명지대학교 토목환경공학과 교수-E-mail: bmyoon@mju.ac.kr

신뢰도를 검토할 필요가 있다. 현재 표면영상유속계를 이용한 유량측정의 정확도를 높이기 위해 해결해야 할 문제점들은 다음과 같다. 첫째, 빛이 없는 야간의 경우 하천유량측정의 제약이 있기 때문에 야간측정이 어려웠다. 둘째, 표면영상유속계의 사용 방법에 대한 측정영역의 기준이 마련되지 않았기 때문에 일반 사용자가 사용하기가 어려웠다.

따라서 본 연구에서는 표면영상유속계를 이용한 유량측정기법의 다양한 현장 적용을 통하여 현재 극복해야 하는 문제점들을 분석하고, 문제점들에 대한 정확도 분석을 통하여 향후 표면영상유속계의 개선 방안을 제시하였다.

2. 영상 획득시 문제점

2.1. 야간 영상 획득의 어려움

표면영상유속계를 이용한 하천의 유량측정을 위해서는 흐름 상태를 눈으로 확인할 수 있어야 유속측정이 가능하다. 하지만 현장의 영상획득 과정에서 빛이 없는 야간의 경우는 흐름 상태를 확인할 수 없기 때문에 표면영상유속계의 적용이 어렵다. 야간의 경우 적외선 카메라를 사용하는 방안을 생각할 수 있으나, 적외선 카메라의 해상도가 일반 카메라에 비해 현저히 낮기 때문에 정확한 영상 분석이 어렵다. 따라서 유량측정의 정확도를 확보할 수 있는 빛의 범위를 결정할 필요가 있다.

2.2. 참조점 설정의 어려움

표면영상유속계를 사용하기 위해서는 획득한 영상을 현장에서 측량한 실제좌표를 이용하여 상하좌우의 왜곡된 영상좌표를 보정하는 작업을 수행하여야 한다. 실제로 현장에서 획득한 영상에서는 흐름의 움직임은 눈으로 확인할 수 있었지만, 보정작업 후의 보정영상에서는 움직임을 식별하기 어려운 경우가 종종 발생한다. 영상보정을 위한 참조점의 세장비가 큰 경우에는 실제 영상에서는 흐름 상태가 확인되더라도 보정영상에서는 분석이 어렵다. 그 이유는 실제영상에서 차지하는 pixel 수와 보정영상에서 차지하는 pixel 수의 차이가 발생하여 보정영상을 이용하여 영상분석을 수행할 경우 하나의 pixel이 차지하는 실제 길이의 차이가 발생하므로 오차가 발생하여 정확도를 떨어뜨리게 된다.

3. 표면영상유속계(SIV)의 정확도 분석

3.1. 빛의 밝기에 따른 정확도 분석

실제로 표면영상유속계를 현장에 적용한 결과 일반적으로 해가 있는 오전 7시에서 오후 7시까지의 영상만이 분석이 가능하였다. 이와 같이 표면영상유속계는 하루 중 약 12시간 정도 밖에는 유속측정을 할 수 없기 때문에 아직까지는 완전한 유속측정 방법이라 할 수 없다. 이에 본 연구에서는 야간에도 현장유량측정이 가능하게 하기 위해서 현장 적용 전에 실험실에서 조명을 이용하여 빛의 밝기를 조절하면서 신뢰할 수 있는 유속측정 결과를 얻을 수 있는 빛의 범위를 산정하였다. 실험 방법은 폭이 일정한 실험 수로에서 수행하였다. 실험 수로의 제원은 폭이 0.8 m이고, 높이는 0.7 m인 구형단면 수로이다. 그리고 빛의 밝기를 조절하기 위해서 조명을 설치하는 방법을 선택하였다. 빛의 밝기에 대한 기준단위로는 $Lux(=광속/면적)$ 를 사용하여 실제 현장에서 쉽게 적용할 수 있도록 하였다. Fig 1은 실험 장치와 유속측정 영역이다.



Fig. 1 빛의 밝기에 따른 정확도 분석을 위한 실험 장치와 유속측정 영역

Table 1. 빛의 밝기에 따른 정확도 분석 결과

실험 조건	보정 영상	영상분석 결과	실험 조건	보정 영상	영상분석 결과
10 Lux			30 Lux		
70 Lux			110 Lux		
150 Lux			300 Lux		

본 실험 결과 표면영상유속계를 이용한 유속측정은 Table 1에 보이는 바와 같이 150Lux이상일 경우에는 측정영역의 유속장이 균일하게 분석됨을 확인할 수 있고, 유속계를 이용한 유속측정 결과와 비교하여 약 5%정도의 오차를 보임을 확인하였다.

3.2. 카메라의 각도 변화에 따른 정확도 분석

표면영상유속계를 사용할 때 정확한 변위를 구하기 위해서 카메라를 이용하여 획득한 왜곡영상을 실제좌표가 들어있는 실제영상으로 변환하는 보정작업이 필요하다. 그리고 영상보정 작업을 수행하기 위해서는 최소 4개 이상의 참조점이 필요하다. 하지만 참조점을 어떻게 설정하는 것이 유속측정의 정확도를 높일 수 있는지에 대한 기준이 없는 것이 현실이다. 표면영상유속계를 사용함에 있어서 측정영역을 정사영으로 촬영하여 참조점을 정사각형으로 설정하는 것이 정확도를 높이는 이상적인 방법이지만, 실제로 현장 적용을 할 때에는 Fig 2와 같이 이상적인 참조점을 설정하지 못하는 경우가 대부분이므로 영상분석을 함에 있어서 정확도를 확보할 수 있는 참조점 영역의 범위에 대한 기준이 필요하다고 판단된다. 이에 본 연구에서는 유속 측정영역의 세장비를 변화시키면서 영상 획득을 수행하여 표면영상유속계의 영상분석 범위를 제시하였다. Fig3은 실험 장치를 나타내었다.

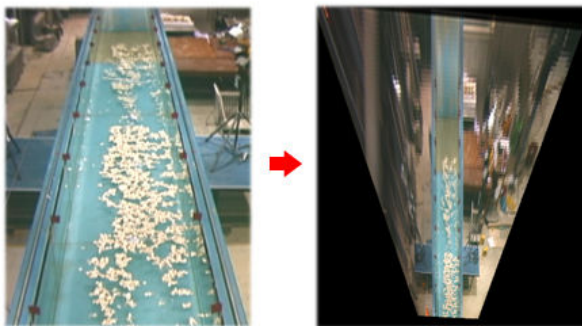


Fig. 2 참조점의 세장비가 큰 경우의 영상보정 결과

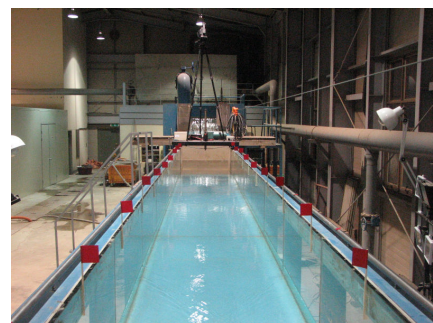
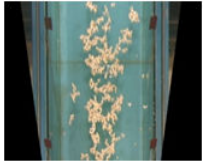
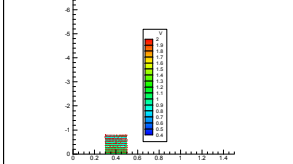

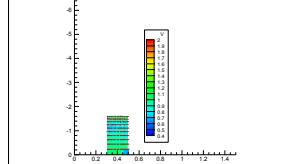
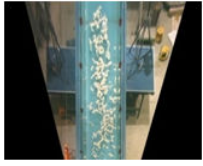
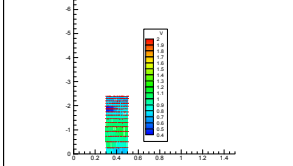
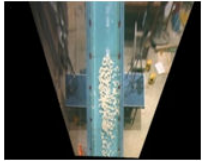
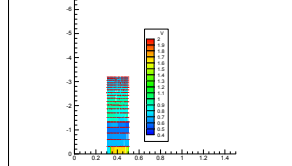
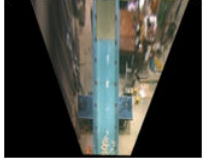
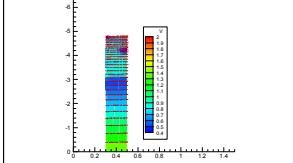
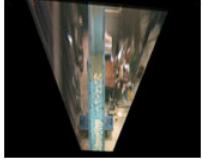
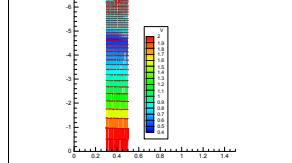


Fig. 3 실험장치

실험 방법은 폭이 0.8 m의 수로에서 세장비를 0.8 m×0.8 m의 영역을 기준으로 하여 1 : 1에서부터 1 : 8까지 증가시켜 가면서 영상을 획득하였다. Table 2는 각 실험조건에 따른 보정영상과 유속측정 결과를 유속계로 측정한 평균유속으로 무차원화하여 제시하였다.

Table 2. 측정영역의 세장비에 따른 영상분석 결과

실험 조건	보정 영상	영상분석 결과	실험 조건	보정 영상	영상분석 결과
1:1			1:2		
1:3			1:4		
1:6			1:8		

참조점 영역의 세장비에 따른 영상분석 결과는 세장비가 1 : 1과 1 : 2에서는 전반적으로 측정영역 내의 유속분포가 일정하게 측정되었고, 1차원 유속계로 측정된 결과와 비슷한 측정 결과를 보이고 있어서 안정적으로 유속측정을 할 수 있을 것으로 판단된다. 1 : 3에서 1 : 5의 세장비로 촬영한 영상에 대한 영상분석 결과는 흐름 방향으로 유속분포가 일정하지 않게 나타나기 시작했으며, 유속 측정결과와 비교하여 부분적으로 최대 0.7 ~ 1.5 배 정도의 차이를 보이고 있었다. 하지만 전체적으로 평균유속에 가까운 값들이 많이 측정되었기 때문에 후처리 과정에서 상관계수를 이용한 필터링으로 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 세장비가 1 : 6 이상이 되었을 때는 영상분석 결과 근거리에 대해서는 평균유속의 1.5 ~ 2.0 배 정도 영상분석 결과가 크게 산정되었고, 원거리에 대해서는 평균유속의 0.6배정도로 작게 산정됨을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 표면영상유속계의 현장 적용에 따른 문제점들을 개선하기 위하여 수표면의 빛의 밝기에 따른 기준과 영상 획득시 카메라 각도의 기준을 수리실험을 통하여 분석하였다. 분석 결과는 첫째, 빛의 밝기가 150 Lux이상에서는 영상분석결과의 오차가 5% 이내로 확인되었다. 향후 야간의 유량측정시 조명을 이용할 경우 도움이 될 것으로 판단된다. 둘째, 카메라 각도를 바꾸어가면서 참조점의 세장비 기준을 제시하였다. 세장비가 1 : 2일 경우에는 측정영역 전체가 균일한 유속분포를 보였으며, 1 : 3에서 1 : 5사이의 세장비 일 경우에는 부분적으로 상관계수를 이용하여 필터링을 하여야 할 것으로 판단되고, 1 : 5를 넘는 경우에는 오차율이 15 % 이상 발생되므로 지양하여야 할 것으로 판단된다. 표면영상유속계의 정확도를 높이려는 노력은 향후 표면영상유속계의 보편화를 위한 기준 마련에 도움이 될 것이다.

감 사 의 글

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

참 고 문 헌

김서준 (2007). "표면영상유속계를 이용한 유량측정기법의 정확도 분석". 명지대학교 토목환경공학과, 석사학위논문
 노영신, 윤병만, 김영근, 류권규 (2002). "개수로 실험장치를 이용한 LSPIV기법의 검증", 한국수자원학회 학술발표회. pp 982-988