

회전식유속계와 ADCP를 이용한 유속측정의 검증 및 적용

Verification and Application of Velocity Measurement Using Price Meter and ADCP

김응석* · 최현일**

Kim, Eung Seok · Choi, Hyun Il

Abstract

Although ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler) have been introduced and utilized for flow measurements since the end of 1990's, in-situ behavior performance of ADCP at stream gauging stations has not been evaluated in Korea. The purpose of this study is for verification and application of velocity measurements using a price meter and ADCP. The verification of measured velocities was carried out in a laboratory open-channel. The differences between the two velocity values measured by a price meter and ADCP are within 2.1%, which means that ADCP can be used at stream gauging stations. After verification, ADCP was applied to the Maekok stream selected as a test site for application. for application. The test application was performed by comparison of velocity results measured by ADCP and a price meter. Results show that the velocity values obtained by using ADCP coincide well with those by using conventional devices with the average measurement discrepancy of 10.5%.

Key words : Flow measurement, Pirce meter, ADCP

요 지

우리나라의 경우 1990년대 후반부터 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)가 도입되기 시작하였으나 아직까지는 ADCP를 이용한 유량측정 기법과 현장 적용성 문제가 충분히 검토되지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구의 목적은 회전식 유속계와 ADCP를 이용한 유속측정의 검증 및 적용에 관한 것이다. 검증방법은 실험실에서 측정된 유속 값을 이용하였다. ADCP와 회전식 유속계를 이용한 유속측정의 차이는 2.1% 이내로 이는 ADCP를 현장에 적용해도 무방한 것으로 나타났다. 검증을 실시 후 ADCP를 실제 하천에 적용하였다. 현장적용 대상하천으로는 매곡천을 선정하여 ADCP의 유속 및 회전식 유속계의 유속을 비교하였다. 결과에서 ADCP에 의한 유속측정 값은 기존에 전통적으로 사용되는 회전식 유속계의 측정과 비교해서 평균 10.5% 이내의 오차로 잘 일치하는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 유량측정, 회전식 유속계, ADCP

1. 서 론

수자원의 이·치수 및 환경적 측면에서 효율적 관리를 위해서는 보다 정확한 하천 유량 자료가 필요하며 홍수기, 평수기, 저수기에 각각 적합한 방법을 선택하여 유량 측정을 수행하고 있다. 최근 미국을 비롯한 수문관측의 선진국에서는 인력과 비용절감 및 정확도를 향상을 위한 유량측정 방법으로 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)를 이용한 유량측정 방법을 1980년대 말부터 도입하여 널리 활용하고 있는 추세이다(Adler와 Nicodemus, 2001; Mueller, 2002). 국내에서 사용되고 있는 통상적인 유량측정방법으로는, 일반 유속계를 이용한 유속-단면적법과 봉부자를 이용한 부자측정법, 전자파를 이용한 표면 유속계법 등 다양한 유량측정 방법이 있다. 이러한 유량측정방법들 대부분이 임의 단면 유속

을 측정 후 단면적을 곱하여 산정하는 방법으로 정확한 유속측정이 유량산정의 정확도를 결정하는 중요한 변수가 되었다. 현재 대부분의 유속은 홍수기를 제외하고는 대부분 회전식 유속계를 이용하여 측정되고 있으며, 홍수기에는 유속측정 시 많은 위험으로 인해 봉부자 및 전자파 표면유속계를 이용하여 유속을 측정하고 있다. 국내·외 유량을 산정하기 위한 연구는 차준호 등(2002)이 유량측정자료의 불확실도 분석을 위해 5대강 유량자료를 이용하여 유량측정시의 오차 및 원인에 대한 연구를 수행하였으며, 이을래 등(2003)은 국내에서 적용하고 있는 유량측정 방법의 기준에 대해 비교 분석하였다. 김치영 등(2004)은 초음파 유속측정 시스템을 타천 및 괴산댐에 시범적용하여 오차의 범위 및 효율성에 관해 연구하였으며, 이천주 등(2005), 유민욱 등(2007)은 국내하천에서 ADCP를 이용한 유량측정의 적용성 및 효율성을 검토하고

*정회원 · 선문대학교 토목공학과 조교수(E-mail:hydrokes@sunmoon.ac.kr)

**정회원 · 영남대학교 건설시스템공학과 조교수(교신저자)

기존의 유속-단면적법에 의한 유량측정 결과를 비교분석하여 하천의 2차원 유속분포 측정에 관한 연구를 수행하였다. 또한, 황의호 등(2005), 김영근 등(2004)은 홍수기의 유속측정 방법으로 적용되고 있는 LSPIV를 이용한 유속측정과 관련 LSPIV 적용성을 분석하기 위해 개수로 실험장치 및 실제하천에 적용하여 오차정도 및 활용성에 대해 검토하였으며, 황석환 등(2006)은 홍수기에 대표적으로 적용되는 유속측정 방법인 부지측정법에 대해 신뢰성 향상을 위한 측정거리 및 횡수에 대해 분석하였다.

기존의 연구에서는 대부분 유량을 산정하는 방법 및 오차정도를 중심으로 연구되었다. 그러나 실제 유량측정에 가장 중요한 점은 유속을 얼마나 정확하게 측정하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 현재 많이 사용하는 유속 측정방법인 회전식 유속계에 의한 유속 측정방법과 근래에 소개되어 적용되고 있는 초음파를 이용한 유속측정법 중 하나인 ADCP를 적용하여 비교 및 분석하였다. 기존의 연구에서는 초음파를 이용한 유속측정 방법, 효용성 및 정확도 측면에 관한 연구는 수행되었으나 내구성에 따른 연구 등은 거의 전무한 상황이다. 또한, 실제 하천에서 매설되어 적용되는 ADCP의 경우 매설되어 일정 시간이 경과한 후 하천의 이물질 등의 오염으로 인해 유속측정에 오차를 유발 할 수 있을 것으로 판단하여 본 연구에서는 수위계가 부착되어진 교량을 선정하여 교량 바닥에 ADCP를 매설 후 일정 기간 동안 회전식 유속계와 동시에 유속을 측정하고 이를 비교 분석하여 하천의 부유물 및 오염 등으로 인한 ADCP의 유속오차 정도를 분석하고자 하였다.

2. ADCP의 유량측정 원리

ADCP는 유수의 흐름을 방해하지 않으면서 물속으로 일정한 주파수의 초음파를 전송하고 부유되는 입자들에 의해 산란되는 방향을 수집, 도플러효과를 이용하여 유속을 측정하는 장비이다. 일정한 시간동안 한 지점에서 연속적으로 점유속을 측정하는 일반적인 유속계와는 달리 그림 1에서와 같이 ADCP는 기본적으로 순간유속을 측정한다(Muste 등, 2004b). 따라서 하천을 가로지르며 ADCP로 측정한 유속 자료는 수

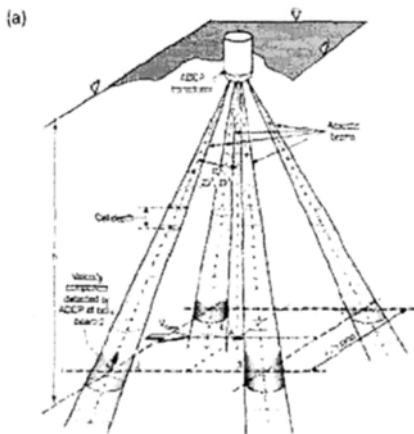


그림 1. ADCP 자료수집 원리.

십초 이상의 연속측정으로 얻어지는 시간평균 유속자료와는 차이가 존재하며 다양한 시간 규모에서 나타나는 범위의 유속을 측정하고 공간적으로 이를 평균함으로써 시간적 순간성을 보완하는 특징을 갖고 있다 (유민욱 등, 2007).

ADCP를 이용하여 하천에서 유속을 측정하는 경우 ADCP를 보트에 고정시키거나 별도의 작은 부유체에 고정시켜 하천을 가로지르는 횡측선을 따라서 이동하면서 측정한다. ADCP는 자체적으로 기기의 방향과 유속의 방향을 내장한 나침반에 의해 파악하며 하상으로 보낸 음파를 탐지하여 기기가 이동하는 경로와 수심을 자동으로 추적하는 기능을 갖고 있다. 이에 따라 일정한 시간동안 이동한 거리와 단면적을 계산하고 음파에 의해 수집된 연직유속분포를 종합하여 유량을 계산한다. 물론 음파에 의한 하상 추적이 아닌 DGPS(Differential Global Positioning System)를 이용한 이동경로의 추적도 가능하다. 그러므로 일반적인 유량 측정 방법처럼 유수의 흐름에 직각으로 횡측선을 설치하는 등의 작업이 불필요하여 교량이 없는 지점이나 대하천, 그리고 조석의 영향을 받는 하천에서도 손쉽게 유량을 측정할 수 있는 장점이 있다(김원 등, 2002). 또한, 기존의 사용하는 회전식 유속계는 하천의 단면에서 유량을 산정시에 하천의 단면의 길이 및 깊이 따라서 다양한 지점의 점유속 측정 및 단면을 측량하여야 하나 ADCP의 경우는 기기의 종류에 따라 조금은 차이가 있지만 하천의 깊이에 대해서 1회의 유속 측정으로 유속을 측정할 수 있으므로 현장에서 유속측정시에 보다 간편하게 유속을 측정할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 부유형 ADCP의 경우는 옵션에 따라서는 하천을 1회 횡단할 경우 하천단면적이 실시간으로 산정되므로 유량을 현장에서 즉시 산정할 수 있는 장점을 가지고 있다. ADCP는 다음 식 1에 따라 유량을 계산한다(Gordon, 1989).

$$Q = \iint n(L)U(z,L)dzdL \quad (\text{식 1})$$

여기서, Q는 유량, n은 L에서 측선을 따른 직각 단위 벡터, U는 유속 벡터, z는 수심이다. ADCP는 기기의 특성상 하천 단면 전체에서 유량을 측정할 수 없는 한계를 지니는데 측정가능한 영역은 그림 2와 같다(Simpson, 2001).

ADCP가 유속을 측정하기 위해서는 음파 송수신기가 수면 아래 잠겨 있어야 하며, ADCP부터 아래로 일정 거리까지는

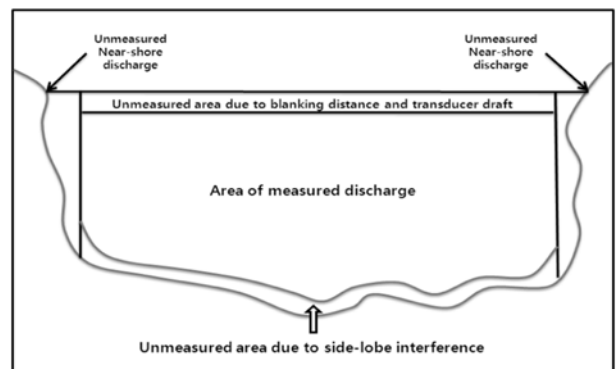


그림 2. ADCP 측정 가능영역.

정상적인 신호를 받기 위해 음파의 간섭등의 효과를 차단하므로 이로 인해 수면 부근의 공백거리가 발생하는데 이는 저주파 ADCP일 수록 크게 나타난다. 또한, 음파가 송수신기에서 발생하여 하상으로 전달될 때 음파의 확산각이 아닌 빗겨간 방향으로 일부 음파가 정상적인 음파에 비해 일찍 하상에도달되어 강한 반사파를 발생시켜 전달되므로, 하상 부근의 유속 측정시 노이즈가 발생하는 측면 효과가 존재한다. 이로 인해 ADCP는 하상 부근의 일정 깊이를 측정할 수 없게 되므로, ADCP가 작동하는 최소 수심보다 얇은 부근에서는 측정이 불가능하다는 특징이 있다. 그런데, ADCP는 이러한 측정 불가능 영역을 측정된 유속 자료를 이용하여 추정한다. 따라서, ADCP는 측정된 유량과 추정한 유량을 합산하여 하천 단면의 유량을 계산하는 것이다(유인욱 등, 2007).

3. ADCP의 검정

3.1 실험조건

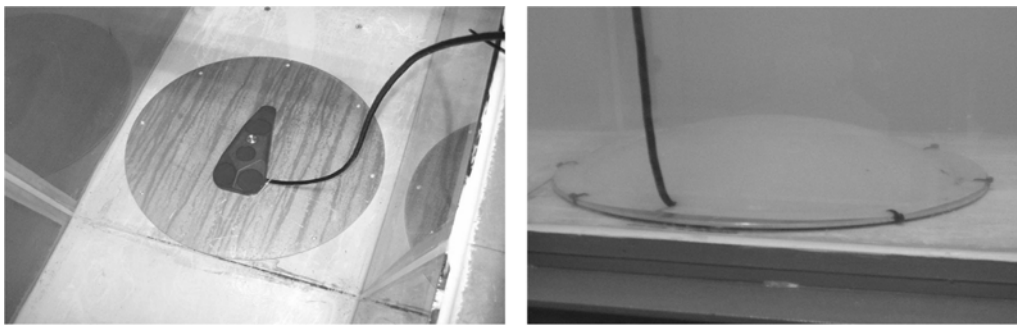
본 연구에서는 ADCP의 현장적용에 앞서 수리실험을 통해 적용성 여부를 검토하였다. 실험의 목적은 크게 4가지로 ADCP의 개수로 실험 장치에서 유속측정, 폴리에틸렌 보호캡이 유속측정에 미치는 영향 정도, 유속계를 유속 방향에서 45도 회전시킨 경우 유속측정 능력, 유속계의 초음파 빔을 이용한 수위측정 정확도 실험으로 구성하였다. 실험방법은 다음순서로 진행하였다. 다음 그림 3과 4는 실험개요를 나타내었다.

- ① 개수로 실험장치 바닥에 ADCP를 고정

- ② ADCP에서 1분간격으로 유속을 측정하도록 하고 유속 측정시에는 1초에 10번의 빔을 쏘아 유속측정
- ③ 유속단면 cell 간격은 3 cm 단위로 하며, 총 10개의 cell에 대해 유속을 측정
- ④ 개수로 수위는 30 cm 이상을 유지
- ⑤ 유속계에 보호캡을 설치 후 10분간 1분 간격으로 측정
- ⑥ 유속계를 보호캡을 제거 후 10분간 1분 간격으로 측정

3.2 실험결과

ADCP의 유속 측정의 정확도를 비교하기 위해 기존의 사용되는 Sontek사의 초음파 유속계(Flowtracker)를 이용하여 유속을 측정하였다. 측정결과 ADCP 보호캡 설치 전의 10분 평균 유속은 0.327 m/sec이며 이때 Sontek사의 유속계 유속 측정 값은 0.320 m/sec로 측정되었으며, 유속은 차는 0.007 m/sec로 산정되어 약 2.1%오차가 발생되었다. 이는 실제 2개의 유속계 기계의 기계오차로 실제로는 오차가 발생하지 않는 것으로 판단되었다. ADCP의 보호캡을 설치 후 10분 평균 유속은 0.332 m/sec로 설치 전의 유속값 0.327 m/sec과 비교해서 0.005 m/sec의 차이를 보여 보호캡 설치 전·후에 따른 유속값의 변화는 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 ADCP의 보호캡이 유속측정시 필요한 빔을 쏘는데 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 그림 5와 6은 보호캡 설치 전후에 따른 유속측정 값을 보여주고 있다. 또한 개수로의 수심은 0.3 m로, ADCP로 측정된 수심 0.321 m와의 차이는 0.021 m로 나타나, 7%의 오차가 발생되었으며, 유속계의 45° 회전 설치 후 측정시에도 영향이 없는 것으로 나타났다. 이



보호캡 설치 전 (a)

보호캡 설치 후 (b)

그림 3. 유속계 설치.



유속비교 측정(a)

45° 회전시 측정(b)

그림 4. 유속측정

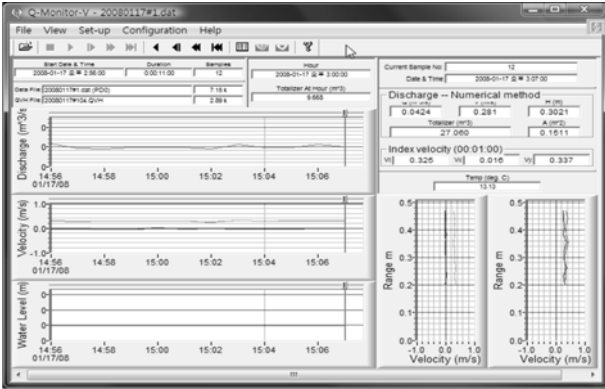


그림 5. 보호캡 설치 전 유속측정.



그림 7. ADCP 설치.

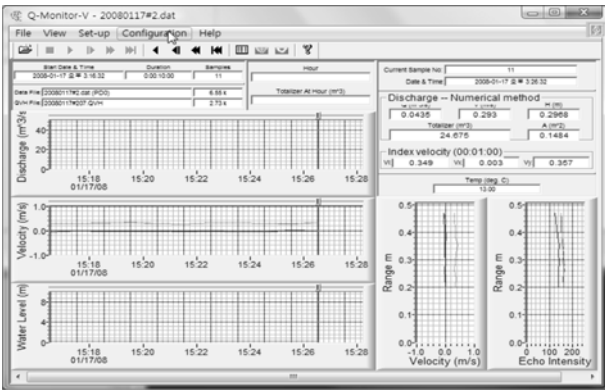


그림 6. 보호캡 설치 후 유속측정.

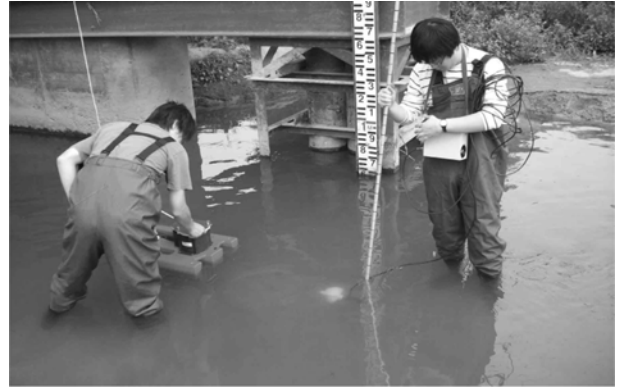


그림 8. 유속측정.

는 ADCP의 유속측정은 x, y, z의 3축의 유속성분을 이용하여 유속 평균값을 산정하기 때문인 것으로 판단되었다.

4. ADCP의 현장적용

실험의 결과를 바탕으로 ADCP를 현장에 적용하기 위해, 본 연구에서는 아산시에 위치한 소하천인 매곡천 중간 지점인 새터교 아래 하천바닥에 보호캡을 설치하고 ADCP를 매설하여 유속을 측정하였다. 또한, 실제 하천에 적용하여 유속계의 내구성 및 정확도를 측정하기 위해 기존의 하천유량 측정시에 사용되는 대표적인 회전식 유속계를 이용하여 이를 검증 하였다.

4.1 적용방법

유속측정 방법은 하천바닥에 ADCP를 매설한 후 실시간으로 유속을 측정하고 또한 기존의 사용되는 대표적 측정방법인 회전식 유속계를 이용하여 ADCP의 유속과 동시간에 유속을 측정하여 이를 비교 분석하였다. 매설된 초음파 유속계의 내구성 및 정확도를 검증하기 위해 매주 1회씩 2개월 이상 유속을 측정하여 유속계의 정확도의 변화를 분석하였다. 이는 처음 매설시에 깨끗한 초음파 유속계의 덮개가 시간의 경과에 따른 이끼 등 이물질로 인한 오차를 발생시킬 수 있기 때문에 이로 인한 정확도에 미치는 영향을 평가하기 위해 실시하였다. 또한, 현재 다양한 종류의 ADCP를 매설하여 유속을 측정하는 한강 및 금강 등에서도 ADCP의 유지관리는

대략 3개월에 한번정도로 이루어지 있으며, 실제 센서의 민감도 및 전력공급 등의 다양한 문제로 인해 ADCP 설치 후 장기간 동안 방치하는 것이 아니라 약 2-3개월 혹은 홍수시에는 유지관리를 수행하고 있으므로 본 연구에 수행한 2개월 가량의 실측에 따른 내구성 검토는 적정한 것으로 판단되었다. 초음파 유속계의 설치 장소는 새터교(교량길이 44 m) 아래 위치하고 있으며 새터교에는 수위계가 설치되어 있다. 아래 그림 7과 8은 ADCP 유속계의 설치 및 유속을 측정하는 그림을 나타내었다.

유속의 측정을 위해 매곡천(새터교) 아래에 유속계를 매설하고, 기존의 회전식 유속계 및 이미 개발되어 판매되고 있는 부유형 ADCP 유속계(streamPro)를 이용하여 정확한 유속을 비교 측정하였다. 새터교에 설치된 수위계의 관측 기록 치상의 수위는 57 cm로 측정되었으나 하천의 하상변동(퇴적 등으로 인해, 측정된 실제 수위는 45 cm로 측정되었다. 또한 초음파 유속계가 매설된 지점의 실제 수위는 36 cm로, 이후에 동일한 지점에서 유속 측정시에 수위계 기록치 값에서 21 cm를 빼면 측정하고자 하는 지점의 정확한 수위로 보정된다고 판단되었다. 매설된 ADCP 설치지점에 관한 대략적 단면도는 아래 그림 9와 같다.

4.2 적용결과

ADCP의 정확도를 측정하기 위해 비교대상으로 적용된 회전식 유속계를 적용하여 30초 간격으로 10회를 측정하여 평균값을 기록하였으며, ADCP는 10분 단위로 유속을 측정한다

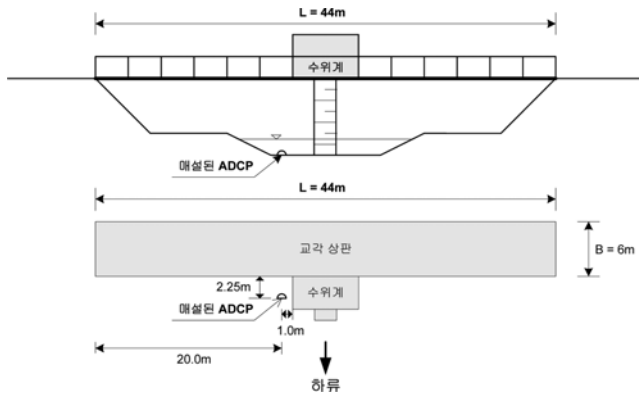
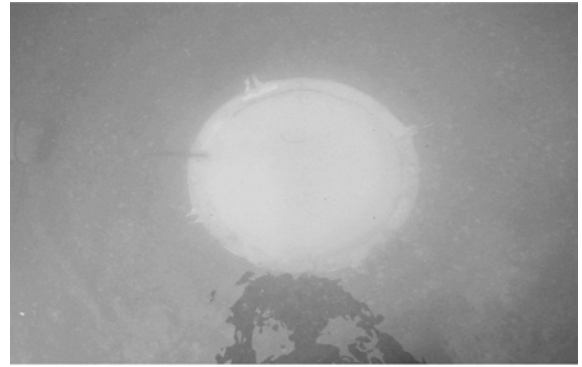


그림 9. 새터교 아래 매설된 ADCP 단면도.

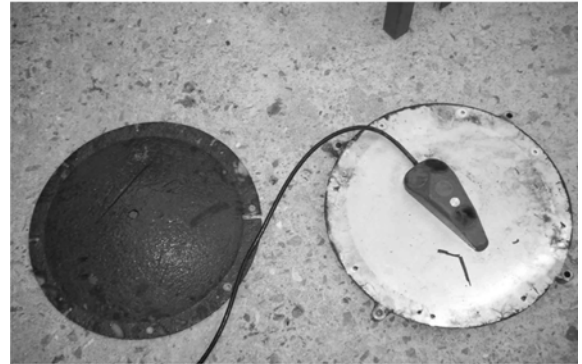
평균값을 기록하였다. 또한 회전식 유속계의 정확도를 검증하기 위해 기존에 판매되는 사용되는 ADCP(streamPro)를 적용하여 매설시 첫 번째 측정(9월 23일)에서 검증하였다. 다음 표 1에는 회전식 유속계와 ADCP를 이용하여 측정한 값을 비교하여 나타내었다.

측정결과를 살펴보면, 9월 23일 14시 20분 측정시 회전식 유속계와 기존 판매되는 ADCP(streamPro)의 결과에서, 회전식 유속계는 평균 0.10m/sec의 결과를 보였으며, streamPro 유속계는 0.13m/sec의 값을 나타내었다. 2개의 기기의 차는 0.03m/sec로 2개의 유속계의 기계오차 범위 이내로 측정되어 회전식 유속계의 오차는 거의 없는 것으로 나타났다.

총 15회의 유속 측정에서, 매설된 ADCP 유속 측정값과 회전식 및 streamPro 유속계의 오차를 살펴보면, 최대 오차가 발생한 시기는 9월 25일 15시에 측정된 값으로 0.06 m/sec의 차이를 나타내었으며, 총 15회의 유속측정시 평균 오차는 10.5%로 나타났다. 유속 측정에서 회전식 유속계와 초음



(a)



(b)

그림 10. 매설 전후의 ADCP 겹의 모습.

파 유속계의 오차는 측정 위치, 시간, 기계적 오차 등으로 판단되므로, 2개의 유속계는 거의 동일한 유속을 측정하는 것으로 가정해도 무관한 것으로 판단되었다. 또한, 결과를 살펴보면 초음파 유속계의 측정값이 회전식 유속계 측정값 보다 크게 발생한 경우가 2회이며 이외 13회는 모두 회전식 유속

표 1. 유속측정 값 비교 및 오차

구분			30초 간격으로 10회 유속측정 값 (m/sec)										Min	Max	평균 유속 (a)	ADCP 평균유속 (b)	(a)-(b)	
			1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회						
프로펠라 유속계 (m/sec)	9월 23일	11시55분	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12	0.11	0.13	0.12	0.11	0.01
		14시20분	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10	0.12	0.02
	9월 25일	14시55분	0.27	0.27	0.27	0.27	0.25	0.25	0.24	0.24	0.22	0.21	0.21	0.21	0.27	0.25	0.22	0.03
		15시00분	0.20	0.26	0.26	0.24	0.25	0.24	0.24	0.25	0.26	0.25	0.20	0.20	0.26	0.24	0.18	0.06
	10월 2일	13시25분	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.13	0.12	0.01
		13시30분	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.12	0.01
	10월 9일	15시45분	0.10	0.10	0.10	0.10	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19	0.19	0.10	0.20	0.15	0.14	0.01
		15시50분	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.20	0.20	0.17	0.03
	10월 17일	11시05분	0.14	0.13	0.14	0.12	0.12	0.19	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.19	0.14	0.12	0.02
		11시15분	0.14	0.14	0.14	0.14	0.17	0.13	0.16	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.17	0.14	0.13	0.01
	10월 23일	10시35분	0.24	0.21	0.21	0.21	0.24	0.20	0.20	0.24	0.20	0.22	0.20	0.20	0.24	0.22	0.19	0.03
		10시40분	0.22	0.22	0.22	0.24	0.20	0.23	0.23	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.24	0.22	0.23	0.01
	11월 6일	13시50분	0.14	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.14	0.14	0.14	0.14	0.12	0.15	0.14	0.13	0.01
		13시55분	0.13	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.14	0.13	0.14	0.13	0.13	0.12	0.14	0.13	0.12	0.01
	StreamPro (m/sec)	9월 23일	14시20분	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.01

계 보다 작은 값을 나타내었다.

초음파 유속계의 내구성 검증을 위해, 초기 매설시 유속계 덮개와 약 8주 후 덮개의 상태를 비교해 보았다. 그림 10(a)는 초기 매설시 ADCP 보호캡의 모습이며, 그림 10(b)는 매설 후 약 2개월 후의 ADCP 보호캡의 모습으로 많은 부유물 및 물이끼 등으로 인해 오염되어 있는 것을 볼 수 있다. 그러나, 오염물질로 인한 유속측정의 정확도 측면에서는 앞에서 언급한 결과에서 보여 주듯이 유속측정에서 오차가 크지 않는 것으로 판단되었다. 따라서, ADCP를 매설하여 유속을 측정하여도 시간에 따른 유속측정 오차에는 큰 문제가 없을 것으로 판단되었다. 단, 차후에 장기간에 걸쳐 검증된 유속측정 자료를 이용하여 ADCP의 내구연한을 검토할 필요가 있으며, 이를 통한 유지보수계획을 수립할 필요가 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 ADCP를 이용한 하천에서의 유량측정시 가장 중요한 유속측정에 관한 정확도 및 내구성 검증을 위해 개수로 실험실에서의 실험과 현장적용을 위해 아산시 대곡천에서 매설 후 2개월 이상 회전식 유속계와 비교측정 하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 개수로 실험장치에서 ADCP의 캡 설치 유무에 따른 실험에서는 캡의 설치 유무에 따른 유속의 측정결과 오차는 0.007 m/sec로 산정되어 2.1%오차가 발생하였다. 그러나 실험에 측정된 2개의 유속계의 오차는 실제 유속계 기기가 가지고 있는 고유의 기계 오차값 범위 이내로 오차가 발생하지 않는 것으로 판단해도 큰 무리 없는 것으로 판단되었다. 따라서 보호캡 유무에 따른 오차는 발생하는 않는 것으로 판단되었다. 또한 ADCP의 설치시에 45°로회전 시켜 설치 후의 유속계의 변화도 없는 것으로 나타났다. 이는 ADCP의 유속측정은 x, y, z의 3축의 유속성분을 이용하여 유속을 측정 후 평균값을 산정하기 때문인 것으로 판단되었다.
- 2) 현장 적용에서는 총 15회 측정에서 매설된 ADCP 유속 측정 값과 회전식 유속계의 오차를 살펴보면 평균오차는 10.4%로 나타났다. 따라서, 총 15회 유속 측정에서 회전식 유속계와 초음파 유속계의 오차는 측정 위치, 시간, 기계적 오차 등으로 판단되므로 거의 동일한 유속을 측정하는 것으로 가정해도 무관한 것으로 판단되었다. 또한 매설된 ADCP의 캡의 시간에 따른 오염 등으로 인한 유속의 오차는 크지 않으므로, ADCP를 매설하여 유속을 측정하여도 큰 문제가 없을 것으로 보여진다. 따라서, 실무적 유량 측정을 위해 ADCP를 매설하여 장기간에 걸쳐 검증된 유속측정 자료를 축적할 필요가 있으며, 이를 이용하여 ADCP의 내구연한 및 유지보수계획을 수립할 필요가 있다.
- 3) 본 연구에서는 수심이 1m이하 및 유속이 빠르지 않는 평상시의 하천의 유속을 측정하였으므로 보다 신뢰 있는 연구를 위해서는 홍수시 유속 측정에 관한 보다 심도

있는 연구가 필요한 것으로 판단된다. 또한, ADCP는 회전식유속계와 비교해 많은 장점이 있으나 기존의 회전식유속계에 비해 상당한 고가의 장비로 아직까지는 일반적으로 작은 하천의 유속을 측정하기 위해서는 구입에 어려움이 있으며, 유속을 측정하는 센서의 민감도 및 전원공급, 유지관리 등의 문제점을 포함하고 있다.

감사의 글

본 연구는 환경부가 지원한 차세대핵심환경기술개발 사업에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

김영근, 노영신, 윤병만 (2004) LSPIV를 이용한 표면유속 측정 기법의 검증 및 적용. **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제37권 제2호, pp. 155-161.

김치영, 윤광석, 김동구, 김원 (2004) 초음파 유량측정 시스템에 의한 유량측정. 2004년 **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 1-5.

유만욱, 김도영, 류시완, 서일원 (2007) ADCP를 활용한 하천의 2차원 유속분포 측정 연구. 2007년 **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 916-920.

이윤래, 윤광석, 김동구, 김원 (2003) 유량측정기법에 대한 국내외 기준 비교 및 분석. 2003년 **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 301-304.

이찬주, 김동구, 김치영, 김원 (2005) 국내 하천에서 ADCP에 의한 하천유량측정의 적용성과 효율성 검토. 2005년 **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 1133-1137.

차준호, 김원, 윤광석, 김동구 (2002). 유량측정자료의 불확실도 분석. 2002년 **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 989-994.

황석환, 김치영, 정성원, 김원 (2006) 부지측정에 의한 유량산정 방법 개선. 2006년 **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 852-857.

황의호, 양재린, 고덕구 (2005) LSPIV를 이용한 유속측정 정확도 비교. 2005년 **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 1512-1517.

Adler, M., Nicodemus, U. (2001) A new computer model for evaluation of data from acoustic doppler current profile(ADCP). *Physics and Chemistry of the Earth(C)*, Vol. 26, No. 10-12, pp. 711-715.

Mueller, D.S. (2002) Field assessment of acoustic doppler based discharge measurements. *Hydraulic Measurement & Experimental Methods*, ASCE-IAHR Joint Conference, Estes Park, Co(CD-ROM).

Muste, M, Yu, K., Spaspjevic, M. (2004) Practical aspects ADCP data use for quantification of mean river flow characteristics; part I : moving-vessel measurement. *Flow measurement and instrumentation*, Vol. 15, No. 1, pp. 1-6.

Simpson, M.R. (2001) *Discharge measurement using S board band acoustic doppler current profiler*. US Geological Survey Open-File Report 01-1.

© 논문접수일 : 09년 03월 30일
 © 심사의뢰일 : 09년 03월 31일
 © 심사완료일 : 09년 04월 24일