

# ADCP 정지측정법을 이용한 유량측정

## Discharge Measurement Using ADCP Stationary Method

김용전\*, 이찬주\*\*, 유민욱\*\*\*, 김동구\*\*\*\*

Yong Jeon Kim, Chan Joo Lee, Min Wook Yoo, Dong Gu Kim

### 요 지

하천을 횡단하며 유속을 측정하는 ADCP를 유속면적법과 같이 정해진 측선에 정지시켜 연직 유속을 측정하고 이를 단면적과 곱하여 유량을 산정하는 방법이 ADCP 정지측정법(Stationary Method)이다. 이 방법은 이미 피산댐 하류에 적용되어 정지측정법 측정유량이 댐방류량 대비 평균 4%의 상대오차를 보여 효율성이 입증되었다. 본 연구에서는 일반 자연하천인 임진강 적성지점에 정지측정법을 적용하여 넓은 범위의 수위, 유량 변화에 대한 적용 가능성을 점검하였다. 또한 홍수기 널리 사용되는 측정방법인 부자법의 검증 수단으로서 적용 여부를 검토하였다. 2009년 7월부터 8월 까지 총 26회 실시한 정지측정법은 1,046~9,663  $m^3/s$ 의 측정 유량 범위를 보였다. 측정기간 동안 단면평균 유속은 1.3~3.0 $m/s$ 였으며, 측정 최대유속은 4.0 $m/s$ 였다. 측정 소요시간은 23~46분으로 평균 35분 소요되었다. 같은 지점에서 실시한 봉부자법 측정이 평균 29분 소요한 것과 큰 차이가 없었다. ADCP를 이용한 정지측정법은 제조사에서 제공하는 전용 프로그램으로 측정과 동시에 수위, 단면 연직 유속 등의 확인이 가능하며, ISO 기준 불확실도 계산 기능을 포함한다. 대하천인 임진강 적성지점에서 실시한 ADCP 정지측정법은 봉부자법과 비슷한 측정시간이 소요되며 넓은 수위, 유량범위에서 측정이 가능한 방법으로 판단되었다. 기존의 유량측정이 수위, 유량에 따라 방법이 달라지고 측정 장비의 제약이 따르는 것에 반해 ADCP 정지측정법은 보다 넓은 수위, 유량 범위에서 적용이 가능하다. 즉, ADCP 정지측정법은 평저수시뿐만 아니라 홍수시에도 유량 측정 가능한 방법이기 때문에 봉부자법 또는 초음파표면유속계와 같이 홍수시 사용되는 측정방법의 검증 수단으로서도 활용 가능할 것으로 판단된다.

**핵심용어 : ADCP, 정지측정법, 봉부자법, 유량측정**

### 1. 서론

ADCP 정지측정법은 유속면적법과 같이 정해진 측선에 ADCP를 정지시켜 연직 유속을 측정하고 이를 단면적과 곱하여 유량을 산정하는 방법으로 측정에 여러 장점을 가지고 있다. ADCP는 측정 중에 수면 위의 일정한 위치에 고정된 상태로 최소 수 십 초 동안 유속 분포를 측정하므로 저유속부터 고유속까지의 넓은 범위에서 신속하면서도 정확한 측정을 할 수 있다. 또한 이동측정법과는 달리 사람이 직접 보트를 타고 하천에 들어갈 필요가 없고, 우리나라 하천에 많은 교량을 이용하므로 안전하고 편리한 측정이 가능하다. 이로 인해 평저수시 뿐만 아니라 홍수시에도 유속계를 이용하여 측정하는 것 이상의 정확도로 유량 측정이 가능하다. 국외의 경우 ADP 정지측정법과 기계식 유속계를 이용한 유량측정을 비교한 연구(Yuan et al., 2005)가 있으며, 국내에서도 피산댐 하류 달천에 적용하여 그 효율성을 입증하였다. 본 논문에서는 이러한 장점을 가진 ADCP 정지측정법을 임진강 적성지점에서 적용하여 넓은 범위의 수위, 유량 변화에 대한 적용 가능성을 점검하였다. 또한 홍수기 널리 사용되는 측정방법인 부자법의 검증 수단으로서 적용 여부를 검토하였다.

\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : wasu3ri@kict.re.kr

\*\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : c0gnitum@kict.re.kr

\*\*\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : cagers4@kict.re.kr

\*\*\*\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : kimdg@kict.re.kr

## 2. ADCP 정지측정법

### 2.1 ADCP 정지측정법의 개념

ADCP 정지측정법은 ADCP의 연직유속분포 측정 기능과 유속면적법을 결합시킨 방법이다(그림 1). 하천을 여러 개의 소단면으로 분할하고 각 단면에서 측정된 평균유속과 단면적을 곱하여 유량을 계산한 후, 이를 합산하여 유량을 구하는 방법으로 수면폭, 수심, 평균유속 등 세 가지 측정 요소로 구성된다.

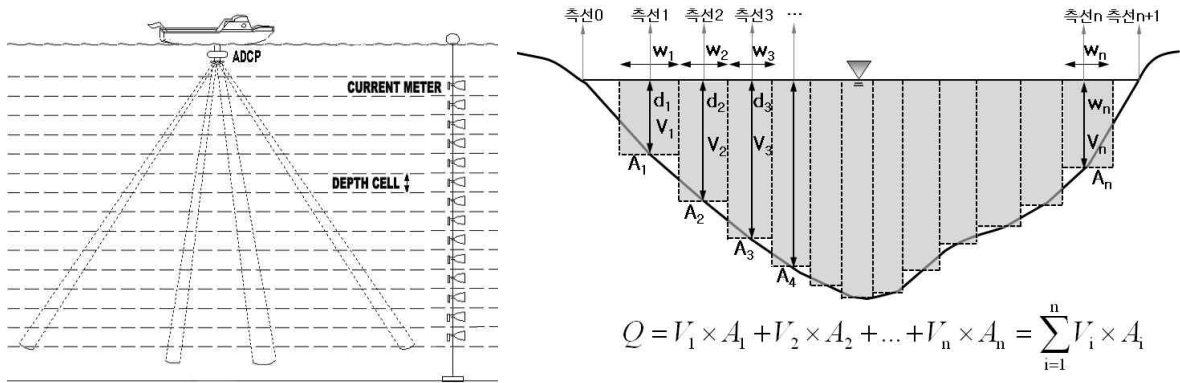


그림 1 ADCP 정지측정법의 두 가지 요소: 연직유속분포 측정(좌), 유속면적법(우)

### 2.2 적용 절차

ADCP 정지측정법을 적용하는 절차는 일반적인 유량 측정의 절차와 비슷하다. 대략적인 정지측정법의 절차는 다음과 같다.

- ① 측정 단면(횡측선 또는 교량)의 결정
- ② 대상 하천의 수심에 맞는 주파수를 갖는 ADCP 선택
- ③ 유속을 고려하여 플랫폼을 선정하고 ADCP를 장착
- ④ ADCP와 컴퓨터(또는 PDA)간의 무선통신 연결
- ⑤ 자료 취득 소프트웨어의 가동
- ⑥ 측선별 유량측정 실시
- ⑦ 유량측정 결과의 검토 및 확인

## 3. 정지측정법을 이용한 유량측정

ADCP 정지측정법을 적용한 임진강 적성 지점은 유역면적이 6,750km<sup>2</sup>에 달하는 대하천으로 200 ~ 400m의 수면폭을 가진다. 계획 홍수량은 15,300m<sup>3</sup>/s이며, 홍수기 수위 변화는 약 10m에 이른다(그림 2).



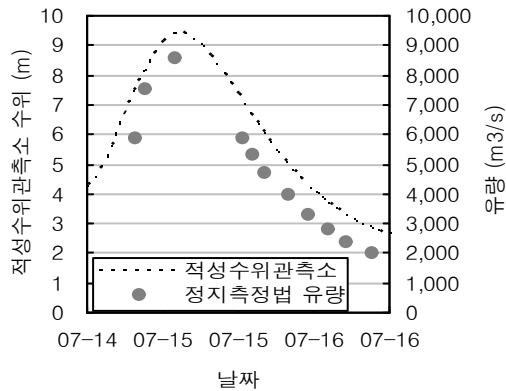
(a) 임진강 적성지점 전경



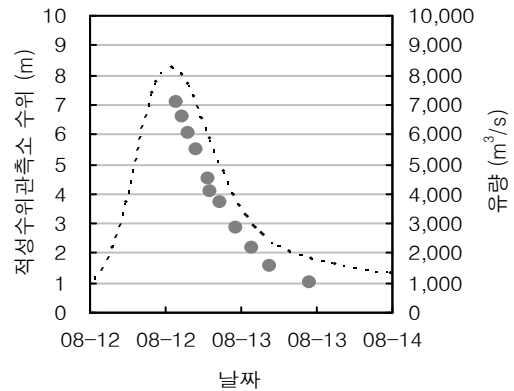
(b) ADCP를 이용한 정지측정법

그림 2 임진강 적성지점 홍수전경 및 정지측정법

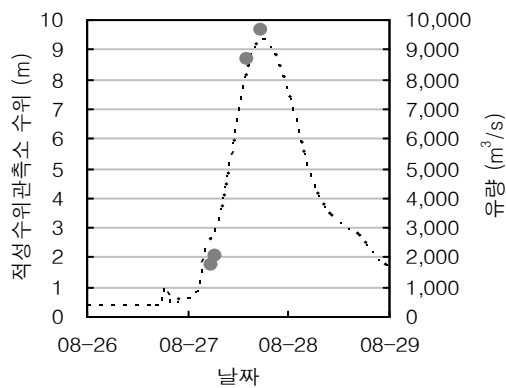
2009년 7월, 8월중 적성 수위관측소 기준 수위 5m이상의 홍수사상은 총 3회 발생하였다. 7월 14일부터 16일 홍수사상의 경우 약 9.41m까지 수위가 올라갔으며 수위-유량관계식으로 환산된 유량의 경우 약 9,913  $m^3/s$ 의 첨두유량을 보였다(그림 3a). 이 기간 ADCP 정지측정법으로 측정된 최대 유량은 8588.5 $m^3/s$ 였다. 8월 12일부터 13일 발생한 홍수사상은 수위 약 8.26m, 유량 8,485 $m^3/s$ 로 이 기간 측정된 정지측정법 유량은 최대 7,100 $m^3/s$ 였다(그림 3b). 8월 27일부터 28일까지 발생한 홍수사상의 경우에는 관측소 수위 9.34m, 환산유량 9,824였다. 이 기간 정지측정법으로 측정된 최대 유량은 9,662 $m^3/s$ 였다(그림 3c).



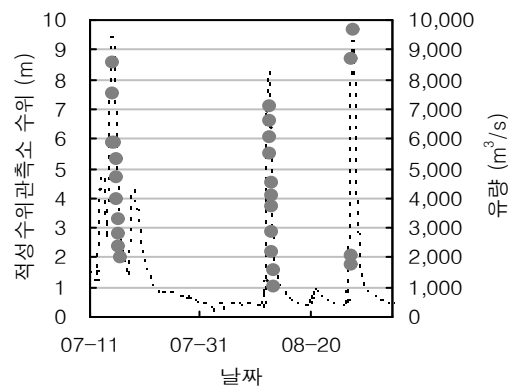
(a) 2009년 7월 14 ~ 16일 홍수사상



(b) 2009년 8월 12 ~ 13일 홍수사상



(c) 2009년 8월 27 ~ 28일 홍수사상



(d) 2009년 7월 8월 수위변화 및 측정유량

그림 3 2009년 홍수기 적성수위관측소 수위변화 및 정지측정법 실측 유량

표 1은 26회 실측한 유량 자료를 나타낸 것으로 측정에 걸리는 시간, 측정당시의 평균 수위, 평균 유속, 측정에 사용된 ADCP의 주파수, 정지측정법 전용 소프트웨어에서 계산되는 불확실도를 나타냈다.

표 1 입진강 적성지점에서 측정한 정지측정법

측정일시	소요 시간	수위 (m)	평균유속 (m/s)	측정 유량 (m <sup>3</sup> /s)	주파수 (MHz)	불확실도
2009-07-14 19:32	42분	7.4	2.3	5,901.4	1.0	3.0%
2009-07-14 21:15	41분	8.2	2.7	7,572.4	1.0	3.0%
2009-07-15 01:59	36분	9.4	2.6	8,588.5	1.0	3.0%
2009-07-15 12:29	32분	7.2	2.3	5,861.2	1.0	3.0%
2009-07-15 14:19	28분	6.6	2.3	5,334.5	1.0	3.0%
2009-07-15 16:13	28분	6.0	2.2	4,732.9	1.0	3.0%
2009-07-15 19:51	31분	5.0	2.2	3,978.0	1.0	3.1%
2009-07-15 22:59	33분	4.3	2.1	3,330.5	1.0	3.3%
2009-07-16 02:16	32분	3.7	2.0	2,852.6	3.0	3.3%
2009-07-16 04:54	29분	3.3	1.9	2,378.6	3.0	3.3%
2009-07-16 09:11	29분	2.8	1.8	2,037.3	3.0	3.1%
2009-08-12 13:33	36분	8.2	2.5	7,100.9	1.0	3.0%
2009-08-12 14:38	33분	7.9	2.4	6,624.3	1.0	3.0%
2009-08-12 15:25	40분	7.7	2.3	6,102.0	1.0	3.1%
2009-08-12 16:40	37분	7.0	2.2	5,493.7	1.0	3.0%
2009-08-12 18:30	28분	6.0	2.1	4,563.6	1.0	3.1%
2009-08-12 19:03	24분	5.7	2.0	4,092.7	1.0	3.1%
2009-08-12 20:27	29분	5.0	2.1	3,716.7	1.0	3.3%
2009-08-12 22:55	28분	3.8	2.0	2,864.4	1.0	3.3%
2009-08-13 01:27	33분	3.0	1.9	2,229.9	1.0	3.3%
2009-08-13 04:17	29분	2.4	1.6	1,601.1	3.0	3.3%
2009-08-13 10:47	28분	1.8	1.3	1,046.5	3.0	3.5%
2009-08-27 05:26	29분	2.6	1.7	1,806.6	3.0	3.5%
2009-08-27 06:24	23분	2.8	1.9	2,062.2	3.0	3.3%
2009-08-27 13:52	46분	8.0	2.7	8,684.4	1.0	3.0%
2009-08-27 17:14	1시52분	9.2	3.0	9,662.7	1.0	3.0%
평균	32분					

#### 4. 결론

2009년 7월부터 8월까지 총 26회 실시한 정지측정법은 1,046~9,663 m<sup>3</sup>/s의 측정 유량 범위를 보였다. 측정기간 동안 단면평균 유속은 1.3~3.0m/s였으며, 측정 최대유속은 4.0m/s였다. 측정 소요시간은 23~1시간 52분으로 평균 36분 소요되었다. 같은 지점에서 실시한 봉부자법 측정이 평균 29분 소요한 것과 큰 차이가 없었다. ADCP를 이용한 정지측정법은 제조사에서 제공하는 전용 프로그램으로 측정과 동시에 수위, 단면 연직 유속 등의 확인이 가능하며, ISO 기준 불확실도 계산 기능을 포함한다. 측정기간 동안 불확실도는 3.0~3.5%범위였다.

대하천인 입진강 적성지점에서 실시한 ADCP 정지측정법은 봉부자법과 비슷한 측정시간이 소요되며 넓은 수위, 유량범위에서 측정이 가능한 방법으로 판단되었다. 기존의 유량측정이 수위, 유량에 따라 방법이 달라지고 측정 장비의 제약이 따르는 것에 반해 ADCP 정지측정법은 보다 넓은 수위, 유량 범위에서 적용이 가능하다. 즉, ADCP 정지측정법은 평정수시뿐만 아니라 홍수시에도 유량 측정 가능한 방법이기 때문에 봉부자법 또는 초음파표면유속계와 같이 홍수시 사용되는 측정방법의 검증 수단으로서도 활용 가능할 것으로 판단된다.

### 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-1-3)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원 (2006). 지표수 조사 시스템 적용에 관한 연구, 수자원의 지속적 확보기술 사업단 2차년도 요약보고서
2. Yuan Jinyong et al. (2005). Comparing Research on Stationary Discharge Measurement with Acoustic Doppler Profiler ADP, *Shui wen*. v.25, no.5, pp.43-47.