

전자부자 개발

Development of Electronic Float

김치영*, 김원**, 김동구***, 이찬주****
Chi Young Kim·Won Kim·Dong Gu Kim·Chan Joo Lee

요 지

하천유량자료는 이수, 치수, 수질관리 등의 목적으로 널리 사용되기 때문에 여러 가지 수문관측 자료 중 가장 중요하다고 할 수 있다. 그러나 우리나라의 유량자료는 여러 가지 한계를 가지고 있어서 수문자료로서 제대로 사용되지 못하고 있는 실정이다. 특히 홍수기 부자측정 방법에 의해 산정된 유량자료는 측정 여건, 방법, 기기 등의 한계로 인해 그 정확도가 더욱 낮다.

부자에 의한 유량측정은 일정거리를 유하하는 부자의 유하시간을 측정하여 평균유속을 구하고, 사전에 측량된 횡단면으로부터 유하한 개별 부자의 해당 단면적을 구하여 부분 단면적을 구한다. 구해진 개별 부자의 평균유속과 부분 단면적을 곱하여 부분유량을 산출한 후, 각 부분유량을 합하여 전체 유량을 계산한다. 이와같은 부자법은 유속-면적법이 가지고 있는 흐름 단면적 계산, 평균유속 계산의 불확실도 이외에 유하경로에 의한 불확실도, 부자 유하 시간의 불확실도, 유속 보정 계수의 불확실도 등을 포함한다.

기존 홍수 유량측정에 사용하고 있는 부자법은 육안에 의해 부자의 위치를 파악하고, 가상의 횡단선을 통과할 때 육안으로 관측하여 유하시간을 측정하는 방법이기 때문에 정확한 유량측정에 한계가 있다. 뿐만 아니라 측정에 다수의 인원이 필요하며, 홍수시 많은 비가 내리거나, 야간에 측정하는 경우에는 부자의 식별이 곤란하고 측정 여건이 불량하기 때문에 측정에 큰 애로가 있다.

GPS를 이용한 전자부자는 자동으로 유속을 측정하기 위해 기존 홍수유량 측정에 사용하던 부자에 전자장치를 추가하는 것을 말한다. 본 연구에서는 GPS와 RF를 기존 봉부자에 추가하여 봉부자의 유속과 봉부자의 패적을 측정할 수 있는 전자부자를 개발하였다. 개발한 전자부자는 기존 육안에 의한 방식보다 자동으로 정확한 유속 측정이 가능하며, 동시에 여러 개의 봉부자 사용이 가능하여 측정시간 절감이 가능하고, 비가 내리거나 야간에도 자동으로 측정이 가능한 특징을 지니고 있다.

본 연구에서 개발된 전자부자는 3개 주파수 대역을 이용할 수 있도록 개발하여, 총 15개의 부자를 동시에 투하할 수 있도록 개발하였다. 전자부자 시험결과 50m, 100m 구간 유속을 검증한 결과 50m의 경우 최대 5.97%, 평균 2.38%의 상대오차를 나타냈으며, 100m의 경우 최대 5.43%, 평균 1.9%의 상대오차를 나타냈다. 자연하천 유량측정 결과 댐 방류량 대비 기존방법의 경우 약 8.2%의 상대오차를 지니고 있었으며, 전자부자의 경우 약 2.8% 상대오차를 지니고 있어, 기존 부자법에 비해 전자부자법이 5.4%의 상대오차 개선효과를 지니고 있었다. 이와같은 오차의 범위는 실제 하천에서 전자부자를 이용하여 유속측정이 가능함을 나타내는 결과이다.

핵심용어 : 유량측정, 홍수 유량측정, 부자, GPS

1. 서 론

하천 유량자료는 이수, 치수, 수질관리 등의 목적으로 널리 사용되기 때문에 여러 가지 수문관측 자료 중 가장 중요하다고 할 수 있다. 그러나 우리나라의 유량자료는 여러 가지 한계를 가지고 있어서 수문자료로서

* 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원·공학박사·Email : wonkim@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·Email : cy_kim@kict.re.kr

*** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·Email : c0gnitum@kict.re.kr

**** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·Email : kimdg@kict.re.kr

제대로 사용되지 못하고 있는 실정이다. 특히 홍수기 부자측정 방법에 의해 산정된 유량자료는 측정 여건, 방법, 기기 등의 한계로 인해 그 정확도가 더욱 낮다.

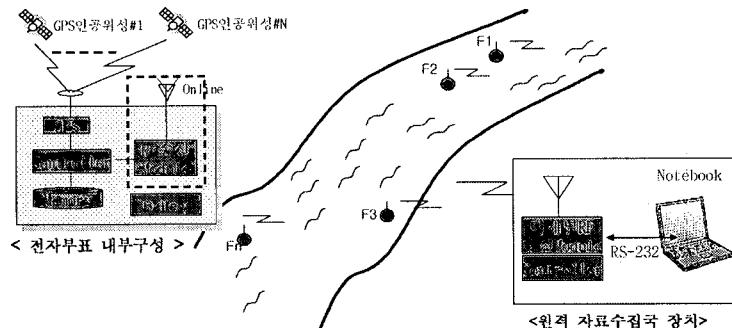
부자에 의한 유량측정은 일정거리를 유하하는 부자의 유하시간을 측정하여 평균유속을 구하고, 사전에 측량된 횡단면으로부터 유하한 개별 부자의 해당 단면적을 구하여 부분 단면적을 구한다. 구해진 개별 부자의 평균유속과 부분 단면적을 곱하여 부분유량을 산출한 후, 각 부분유량을 합하여 전체 유량을 계산한다. 이와 같은 부자법은 유속·면적법이 가지고 있는 흐름 단면적 계산, 평균유속 계산의 불확실도 이외에 유하경로에 의한 불확실도, 부자 유하 시간의 불확실도, 유속 보정 계수의 불확실도 등을 포함한다.

기존 홍수 유량측정에 사용하고 있는 부자법은 육안에 의해 부자의 위치를 파악하고, 가상의 횡단선을 통과할 때 육안으로 관측하여 유하시간을 측정하는 방법이기 때문에 정확한 유량측정에 한계가 있다. 뿐만 아니라 측정에 다수의 인원이 필요하며, 홍수시 많은 비가 내리거나, 야간에 측정하는 경우에는 부자의 식별이 곤란하고 측정 여건이 불량해 측정에 큰 애로가 있다.

GPS를 이용한 전자부자는 자동으로 유속을 측정하기 위해 기존 홍수유량 측정에 사용하던 부자에 전자장치를 추가하는 것을 말한다. 본 연구에서는 GPS와 RF를 기존 봉부자에 추가하여 봉부자의 유속과 봉부자의 궤적을 측정할 수 있는 전자부자를 개발하였다. 개발한 전자부자는 기존 육안에 의한 방식보다 자동으로 정확한 유속 측정이 가능하며, 동시에 여러 개의 봉부자 사용이 가능하여 측정시간 절감이 가능하고, 비가 내리거나 야간에도 자동으로 측정이 가능한 특징을 지니고 있다.

2. 전자부자 측정 개념

하천에 다수의 전자부자를 흘려 보내고 원격지에서 각 전자부자의 자료를 무선으로 수집할 수 있도록 한다. 그림 1은 전자부자에 의한 유량측정 개념도를 나타낸 것이다.



3. 시스템 구성

그림 1 전자부자에 의한 유속측정 원리

3.1 전자부자를 이용한 유량측정 시스템의 구성

본 연구에서 개발한 GPS를 이용한 유량측정 시스템은 크게 GPS 수신부와 RF 송신부를 갖는 전자부자, RF 수신용 안테나와 다채널 RF 수신 모듈을 포함하는 수신국, 수신된 GPS 데이터를 수집, 분석, 유량 계산을 수행하는 소프트웨어 부분으로 구성된다.

GPS 모듈에서 생성된 GPS 측정 데이터는シリ얼 통신을 통해 연동 컨트롤러로 전송되며 연동 컨트롤러는 GPS 수신 데이터에 각 부자의 ID 등 정보를 첨가하여 RF 송신 모듈로 전송한다. RF 송신 모듈과의 통신은シリ얼 통신을 통해 이루어지고 RF 모듈은 연동 컨트롤러에서 전송하는 부자의 정보를 실시간으로 원격지의 다채널 RF 수신 모듈로 전송한다. 그림 2는 전자부자에 의한 유량측정 시스템의 구성을 나타낸다.

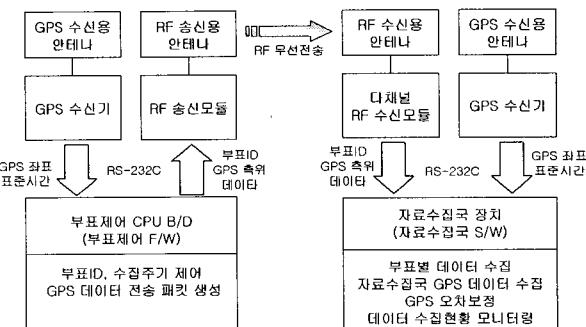


그림 2 전자부자의 구성

3.2 전자부자

부자의 위치 및 유하속도를 측정하기 위해서는 매 주기 (1 Sec)마다 현재의 위치를 측정하고 그 측정 위치를 기록하거나 전송하기 위해 GPS (Global Positioning System) 장치를 도입하였다. GPS 모듈은 위성으로부터 전파를 수신하고, 이를 통해 현재의 위치 및 이동궤적을 측정하고 이를シリ얼 통신을 통해 부자 관리 모듈로 전송한다. 주요 구성은 위성 전파를 수신하기 위한 안테나 모듈, 위성 전파에서 필요한 데이터를 추출하기 위한 RF 모듈, 위성데이터의 동기 및 거리측정을 위한 RTC(Real Time Clock) 모듈 및 위치 산정 및

운행 정보 등을 계산하기 위한 프로세스 모듈 등으로 구성된다.

또한 수집된 GPS 정보를 수집국으로 전송하기 위한 RF 송신 모듈로 구성된다.

3.3 수집국

전자부자 자료수집국은 다수의 전자부자로부터 각각의 위치정보를 수신하여 부자의 궤적 및 유하 속도, 시간 등을 산출 및 기록한다. 또한 전자부자의 유하 속도 등을 이용하는 외부 시스템을 위해 수집된 정보를 Ethernet 혹은 File 형태로 저장 및 기록, 전송할 수 있도록 한다.

전자부자 자료 수집국 장치는 각 전자부자로부터 원격 데이터 수신을 위한 다채널 RF 수신 모듈과 기준 위치 측정 및 오차 보정 등을 위한 수집국용 기준 GPS 수신 모듈로 구성되고 모든 수집 데이터를 기록, 처리 및 전송하기 위한 수집국 시스템으로 노트북을 이용한 시스템으로 통합 운영된다.

수집국 구성 모듈은 다채널 RF 수신 장치, 기준 GPS 모듈 장치, 2개의 RS-232C 포트를 가진 노트북으로 구성된다.

또한 RF 모듈은 반경 500m 이상 수신 가능하며, 3개 주파수 대역을 이용할 수 있도록 개발하여, 총 15개의 봉부자를 동시에 측정할 수 있다. 더불어 수신국을 각 주파수 대역별로 모듈화하여 이용 편의성을 높였다.

3.4 소프트웨어

각 전자부자의 데이터를 수집, 처리하기 위해 수집국의 소프트웨어를 개발하였다. 개발된 수신국의 소프트웨어는 다음과 같은 기능을 지니고 있다.

- 각 전자부자의 데이터 수집 및 저장
- GPS 좌표 및 시간의 변환
- 실시간 위치 Plotting
- 10m 구간속도, 100m 등 구간에 따라 속도 계산
- 단면입력 및 수위별 단면적 계산
- 현장 유량계산

그림 4는 소프트웨어 화면 중 다채널 수신정보 화면을 나타낸 것이다.

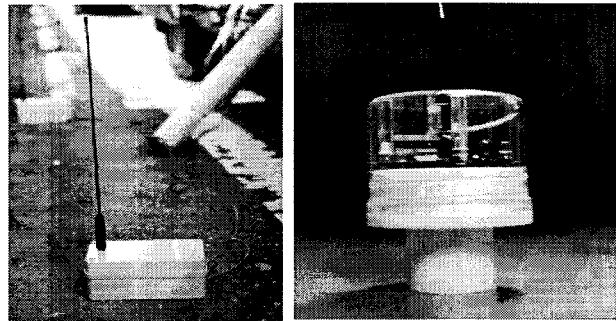


그림 3 수집국과 전자부자

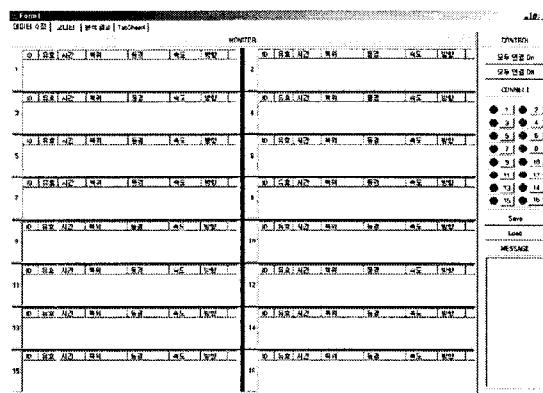


그림 4 소프트웨어 화면(다채널 수신정보 화면)

4. 전자부자 시험결과

4.1 육상시험

본 연구에서 개발된 전자부자의 위치 측정, 이동거리, 이동 시간 등의 정확도를 검증하기 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다. 육상에서 100m 구간을 선택하고 10m 단위로 분할하여 차량 혹은 도보로 최대한 정속 주행하여 부자의 정확도를 평가했다.

그림 5와 6에서 보는 바와 같이 50m 구간과 100m 구간에서의 정확도는 큰 차이를 보이고 있지 않다. 50m 구간에서는 최대 5.97%, 평균 2.38%의 오차가 발생하였다. 100m 구간에서는 50m 구간에 비해 오차가 약간 작게 나타났는데 최대 5.43%, 평균 1.9%의 오차가 나타났다. 이와 같은 오차는 실제 하천에서 유속을 측정하기 위해 전자부자를 이용하는 것이 가능함을 보여 주는 결과이다.

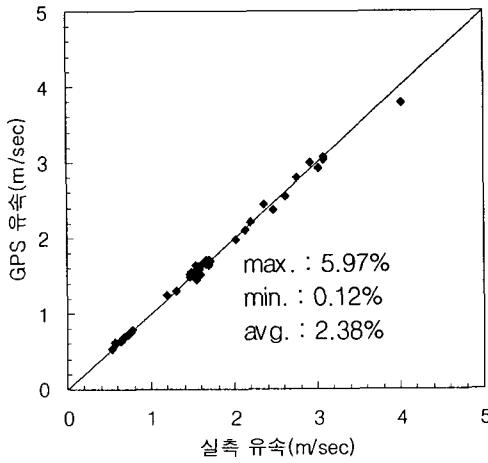


그림 5 50m 구간에 대한 정확도 검증 결과

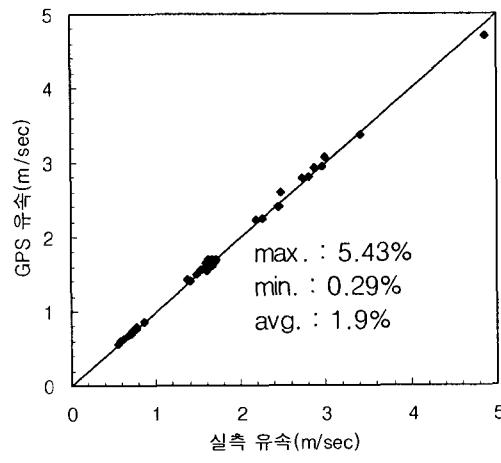


그림 6 100m 구간에 대한 정확도 검증 결과

4.2 자연하천 시험

전자부자의 자연하천 유하능력, 하천에서 위치인식 및 이동궤적의 양상을 확인하기 위해 다음과 같이 괴산댐 하류에서 6개 부자를 동시에 투하하여 검토하였다. 그림 7은 전자부자 투하장면, 유하장면 및 6개 봉부자의 이동 궤적을 나타낸 것이다.

괴산댐 하류에서 6개의 부자를 동시에 투하여 측정한 결과를 표 1에 나타냈다. 먼저 기존 부자와 전자부자의 흐름 단면적을 비교해 보면, 전체 흐름 단면적의 경우 기존과 전자부자 모두 100.11m^3 으로 동일하지만, 각각 개별 부자에 해당하는 흐름 단면적은 개별 부자에 해당하는 흐름 단면적은 작게는 1.88m^3 에서 크게는 19.31m^3 까지 차이가 날 수 있다. 각각 개별 부자에 해당하는 흐름 단면적이 기존 부자와 전자부자가 차이가 나는 것은 기존 방법의 경우 각 개별 부자에 해당하는 흐름 단면적 계산을 등간격으로 나누어 산정하는 반면, 전자부자는 유하 이력을 반영하여 흐름 단면적을 산정하기 때문이다. 이와 같은 단면적 계산 차이는 봉부자가 하도를 따라 직선으로 유하하는 경우에는 차이가 미소하나, 직선 흐름에 대하여 경사를 지니고 유하하는 경우 개별부자에 해당하는 면적이 크게 차이난다.

둘째, 측정된 유속을 비교하면 0단면 ~ 50m 구간 통과 시간만을 고려하여 계산한 유속과 0단면 ~ 50m 구간의 통과시간과 측정 이력을 고려하여 계산한 유속이 거의 일치하였다.

셋째, 흐름 단면적과 개별 부자의 보정 유속을 고려하여 계산한 유량을 비교하면 기존 방법이 $68.14\text{m}^3/\text{s}$ 였으며, 전자부자의 이력을 고려하여 계산한 방법이 $64.75\text{m}^3/\text{s}$ 로 $3.39\text{m}^3/\text{s}$ 의 차이를 나타냈다.

넷째, 전자부자에 의한 유량측정 당시 괴산댐 방류량은 $63.0\text{m}^3/\text{s}$ 였다. 댐 방류량과 기존 부자법, 전자부자법에 의한 측정결과를 비교한 결과 댐 방류량 대비 기존방법의 경우 약 8.2%의 상대오차를 지니고 있었으며, 전자부자의 경우 약 2.8% 상대오차를 지니고 있어, 댐 방류량 대비 전자부자법이 5.4%의 상대오차 개선 효과를 지니고 있었다.

향후 홍수기에 자연하천에서 측정 성과를 축적하여 유속 및 유량 측정의 정확도를 분석할 것이다.

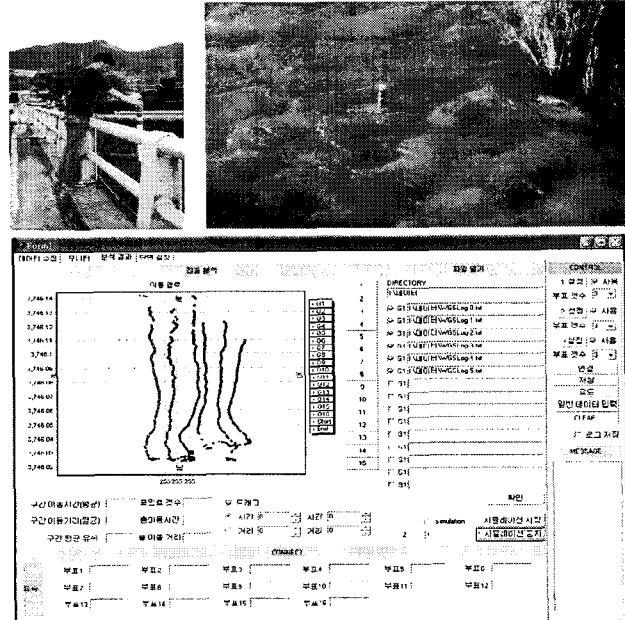


그림 7 전자부자 시험적용 사진 및 결과화면(괴산)

표 1 자연하천 시험 결과

부자 번호	단면적			유속			유량		
	기준 방법	전자 부자	차이	기준 방법	전자 부자	차이	기준 방법	전자 부자	차이
1	18.43	11.69	6.75	0.66	0.66	0.00	7.67	12.12	-4.45
2	15.17	17.05	-1.88	0.72	0.73	0.00	12.30	11.00	1.30
3	11.33	19.54	-8.21	0.74	0.75	-0.01	14.48	8.46	6.02
4	9.87	18.01	-8.13	0.70	0.71	-0.01	12.68	7.00	5.67
5	10.62	18.46	-7.84	0.69	0.70	0.00	12.81	7.41	5.40
6	34.68	15.37	19.31	0.53	0.54	-0.01	8.21	18.76	-10.55
합계	100.11	100.11	0	0.77	0.68	-0.01	68.14	64.75	3.39

5. 결론 및 향후계획

본 연구에서는 GPS를 이용하여 하천의 유속을 측정할 수 있는 장치를 개발하였다. GPS를 하천 유속 측정에 이용하기 위해 본 연구에서는 GPS를 설계하여, GPS 모듈 연동 콘트롤러, R/F 모듈 연동 콘트롤러를 개발하였고, GPS 자료를 수신할 수 있는 수집국을 개발하였다.

개발된 전자부자의 육상 속도 시험을 통한 정확도 검증 결과 50m 구간에서는 최대 5.97%, 100m 구간에서는 최대 5.43%의 속도 측정오차가 있는 것으로 나타났는데, 이와 같은 결과는 GPS를 이용한 전자부자를 통하여 하천 유속 측정에 활용하는 것이 가능함을 보여주는 것이다.

자연하천 유량측정 결과 뎅 방류량 대비 기존방법의 경우 약 8.2%의 상대오차를 지니고 있었으며, 전자부자의 경우 약 2.8% 상대오차를 지니고 있어, 기존 부자법에 비해 전자부자법이 5.4%의 상대오차 개선효과를 지니고 있었다.

육상시험 및 자연하천 유량측정 시험 결과 개발한 전자부자가 홍수기 유량측정에 충분히 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 불확실성이 큰 홍수기 유량측정의 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

향후 완전 실용화를 위한 완제품을 생산할 계획이며, 지속적인 테스트를 통하여 전자부자의 정확도 및 측정 안정도를 개선할 것이다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다(과제번호 2-1-3).

참고문헌

1. 과학기술부(2007). 지표수조사시스템 적용 2단계 보고서, 21세기 프론티어 연구개발사업-수자원의 지속적 확보기술개발사업단.
2. ISO 748(1997). Liquid flow measurement in open channels - velocity area methods : International Organization for Standardization.