

부자측정에 의한 유량산정방법 개선

Improvement to the Methods of Discharge Computation from Float Measurements

황석환*, 김치영**, 정성원***, 김원****

Seok Hwan Hwang, Chi Young Kim, Sung Won Jung, Won Kim

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. 홍수기 부자측정 방법에 의한 유량자료의 정확도 향상을 위해서는 현장 유량측정의 정확도를 향상시키는 것이 일차적으로 필요하지만, 측정된 자료를 과학적이고 체계적인 계산과정을 통하여 유량으로 환산하는 것도 매우 중요하다.

국내의 경우 일반적으로 여름에 집중호우가 빈발하고 경사가 급한 산지하천이 많다. 그래서 홍수시 하천의 유속이 매우 빠르고 하천수내에 부유물이 많이 함유되어 있다. 이러한 요인들로 의해 대부분 홍수시 유속계를 이용한 유량측정이 불가하여 대안으로 부자를 이용하여 측정하고 있다. 그 결과 평저수시 유속계 이용시에 비해 측정 및 산정과정에서 매우 큰 오차가 발생하고 있다. 이와 같이 국내의 경우 홍수시 유량측정을 위해 부자에 전적으로 의존하는 현실임에 불구하고 부자를 이용한 유속측정 및 유량산정에 대한 연구는 매우 미흡하였다. 외국의 경우도 부자 측정에 대한 방법론이 ISO 748과 일본수문관측에 간략하게 설명되어 있고 USGS와 WMO에서는 거의 내용을 다루고 있지 않고 있다. 현재 우리나라의 경우는 ISO 748을 일부 참조하고 대부분 일본수문관측 기준에 준해 측정을 하고 있다. 자연하천임을 감안하면, 부자에 의한 유속 측정시 발생할 수 있는 여러 오차들의 경우 적절한 구간의 선택, 충분한 측선수의 확보 등과 같은 측정기준의 개선을 통하여 상당부분 제거가 가능하다.

그러나 부자를 이용해 측정된 성과를 신뢰도 높은 유량으로 산정하기 위해서는 정확한 측정과 더불어 과학적이고 표준화된 유량산정 기준과 절차가 필요하다. 본 연구에서 분석된 결과에 의하면 부자유선 모임, 홍수터 유속 미측정, 기준 흘수 미적용 등과 같은 측정 자체의 문제점을 제외하면, 부자측정 방법에 의한 유량산정시 가장 큰 오차원인은 홍수시 측정된 유속측선의 위치와 홍수 전후로 측정된 횡단면상의 위치가 일치하지 않는 점과, 대부분 두 측정 구간의 평균값을 대푯값으로 사용한다는 점이다. 본 연구는 다년간의 유량측정 및 검증 경험과 자료를 토대로 현장에서 부자를 이용하여 측정된 측정성과를 정확도 높은 유량자료로 산정하는데 있어서의 문제점을 도출하고, 이로 인해 발생하는 오차를 추정하여 그 개선방안을 제시해 보고자 한다. 더불어 보다 정확한 유량 산정을 위한 기준과 범주를 제시하고자 한다.

핵심용어 : 부자, 유량측정, 유량산정

1. 부자에 의한 유량 측정

부자에 의한 유량측정은 부자를 투하하여 그 부자가 일정 구간을 유하하는 시간을 계측해, 그 구간의 평

* 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원E-mail : sukany@kict.re.kr
** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원E-mail : cy_kim@kict.re.kr
*** 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원E-mail : swjung@kict.re.kr
**** 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원E-mail : wonkim@kict.re.kr

균유속을 구하는 방법이다. 계측구간은, 제1, 제2, 제3 관측단면 사이의 두 구간으로 구분되며, 유하시간을 계측하기 위해서 필요하고, 이 구간 길이를 유하거리라고 한다. 유하거리는, 원칙으로서 50m이상으로 하되 최소 20초 이상 유하할 수 있는 거리를 확보해야 한다. 국내 하천 조건에서는 50~100m인 것이 일반적이다. 유하 구간을 너무 길게 잡으면, 유속이 느린 구간의 계측 시간이 길어 전체의 관측시간도 길게 되고, 이로 인한 수위변화가 유량 관측 정밀도를 낮추게 된다.

부자에 의한 유량측정은 부자를 투하하는 방식에 따라 교량을 이용하는 방법과 전용 부자 투하시설에 의한 방법으로 분류된다. 교량을 이용하는 방법이 국내에서 가장 일반적으로 이용되는 방법이다. 하도를 비스듬하게 횡단하는 교량은, 부자의 투하측선간격과 유하거리의 불균일함 등의 문제가 있으므로 투하지점 선정시 하천의 만곡이 큰 지점은 피하는 편이 좋다. 부자투하에 교량을 이용하는 방법은, 부자투하가 용이한 것, 부자의 유하상황을 관찰하기 쉽다는 것 등의 이점이 있다.

기준말뚝은, 제1, 2, 3 전망단면(측정단면)의 양안에 설치되는 말뚝으로, 양쪽에서 잘 식별할 수 있는 것이어야 한다.

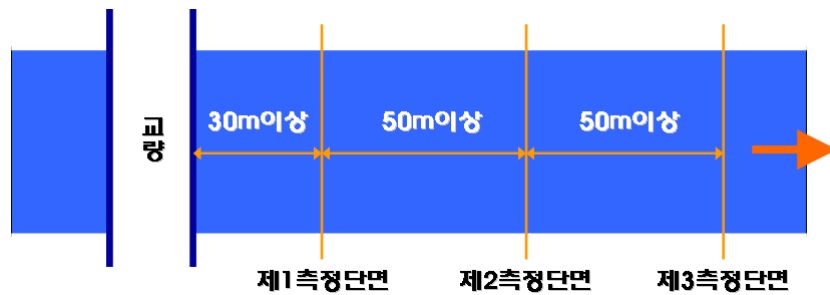


그림 1. 부자에 의한 유량측정 단면 배치

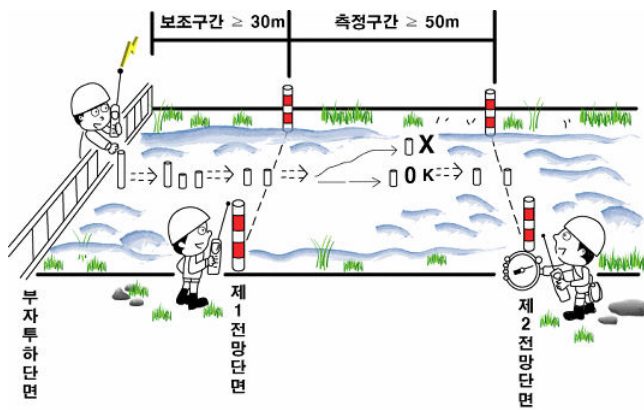


그림 2. 부자에 의한 유량측정 개념도

이로 인한 수위변화가 유량 관측 정밀도를 낮추게 된다. 따라서 적절한 유하거리를 확보하는 것이 정확한 유량측정을 위해 매우 중요한 요소이다. 기존의 연구에 의하면 괴산댐 지점의 경우 유하거리 25m, 50m, 75m, 100m 유하거리에 대하여 부자를 이용한 유량측정 결과 댐 방류량과의 비교에서 유하거리 75m에서 가장 작은 상대오차가 발생한 것으로 나타났다.(과학기술부, 2004).

2. 부자측정을 위한 구간 설정

유하거리에 대한 기준을 살펴보면 일본의 경우 일반적으로 50m 이상 구간거리를 확보하도록 규정하고 있다. 그리고 최대유속에 15초~20초를 곱하여 적정 구간거리를 설정하도록 하고 있다. ISO의 경우 유하시간으로 20초 이상 유하거리를 채택하고 있다. 현재 국내의 경우 두 경우를 적절히 혼용하여 적용하고 있다.

일반적으로 유하거리를 길게 잡는 것이 정확한 평균유속을 산정하는데 유리하다고 알려져 있다. 하지만 너무 길게 구간을 잡으면, 앞서 언급한 바와 같이 유속이 느린 구간의 경우 계측 시간이 길어져 전체 관측시간도 길어지게 되고,

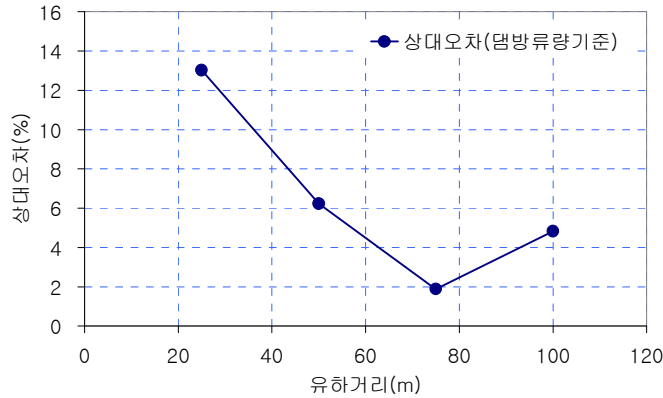


그림 3. 유하거리에 대한 상대오차의 크기(괴산댐방류량 기준)

이 연구결과에서 주목할 부분은 현재 국내의 경우 두 구간(1측선~2측선, 2측선~3측선)을 측정하여 평균하는 개념으로 부자측정을 실시하고 있는데 이것이 과연 측정오차를 줄이는데 적절한 효과가 있는냐는 점이다. 물론 이러한 방법을 적용하는 이유를 측정결과의 안정적 확보를 위해 두 구간을 측정하여 평균하거나 하나를 취하고자 하는 의미로 해석할 수 있다. 그러나 직선구간이 매우 짧고 경사가 급한 국내의 하천 형태 및 여건을 고려할 때, 일정 직선구간에 대해 한 구간으로 측정하였을 경우와 이를 반으로 나누어 두 구간으로 측정하여 그 결과를 평균하였을 경우를 비교해 보면, 충분한 유하시간을 확보할 정도의 유하거리를 확보하지 못했을 경우라면 정확도 면에서 두 구간으로 나누어 측정한 경우가 결코 높지 않다는 증거를 보여주고 있다. 따라서 직선거리가 짧고 유속이 빠른 경우는 구간을 한 구간으로 하여 충분한 유하거리를 확보하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

3. 부자에 의한 유량측정 방법

수위표는 기준수위표와 보조수위표가 있다. 기준수위표는, 유량관측 지점에 병설되는 수위관측소의 수위표이고 보조수위표는, 제 1, 2, 3 전망 단면에 설치되는 수위표이다. 기준수위표는 수위계의 값과 일치해야 하며, 유량관측시 수위를 읽어 수위-유량곡선을 작성하기 위한 기준 수위로, 반드시 설치되어 있어야만 한다. 보조수위표는 각 관측단면의 단면적 및 수면경사를 측정하기 위해 설치한다.

관측에는 원칙적으로 봉부자를 사용하고, 흘수 부분의 길이로, 0.5m, 1.0m, 2.0m, 4.0m의 4종류로 구분하며 미리 정해진 2단면 사이를 부자가 유하하는 시간을 측정해서 부자의 유하속도를 구하고, 이것에 평균유속 보정계수를 곱해서 구분단면도의 평균유속을 결정한다. 횡단방향의 측선배치는 가능한 한 등유량이 되도록 선정한다. 단, 수위의 변동에 따라 측선의 위치 또는 수가 부적당하게 된 경우는, 그 변동에 따라서 적당히 변경한다.

표 1. 부자측정시 측선배치

(a) 수면폭과 부자 유속 측선 간격의 표준

수면폭	20m미만	20 ~ 100m	100 ~ 200m	200m이상
부자유속측선수	5	10	15	20

(b) 수위 변화가 심할 경우

수면폭	50m이하	50 ~ 100m	100 ~ 200m	200 ~ 400m	400 ~ 800m	800m이상
부자유속측선수	3	4	5	6	7	8

※ 하천 유량측정 지침(TR 2004-01)

전체단면의 평균유속을 동시에 직접 측정할 수는 없으므로 몇 개의 소단면으로 구분해서, 각각의 구분 단면적의 중앙을 유속측선으로 한다. 이 유속측선은 부자가 유하하는 위치이고, 부자 투하 단면에서는, 부자의 투하위치가 된다. 앞서 언급했듯이 측선배치는 각 구분단면이 담당하는 유량이 같도록 하는 것이 바람직하다. 특히 단면 형상이 단순하지 않고 흐름이 한쪽으로 치우쳐져 있거나, 넓은 고수부지 등의 영향으로 인해 흐름이 일부로 편중되는 경우 등간격으로 단면을 나누는 것은 부적절하다.

부자는 수심에 따라서 표 2의 부자를 사용한다. 이 때, 부자표를 이용하면 부자의 선정에 편리하다. 부자표(그림 4)는 관측에 앞서서 단면 측량 결과를 이용해서 작성해 둔다.

표 2. 부자의 선정기준

부자 번호	1	2	3	4	5
수심(m)	0.7이하	0.7 ~ 1.3	1.3 ~ 2.6	2.6 ~ 5.2	5.2이상
부자의 홀수(m)	표면부자	0.50	1.00	2.00	4.00

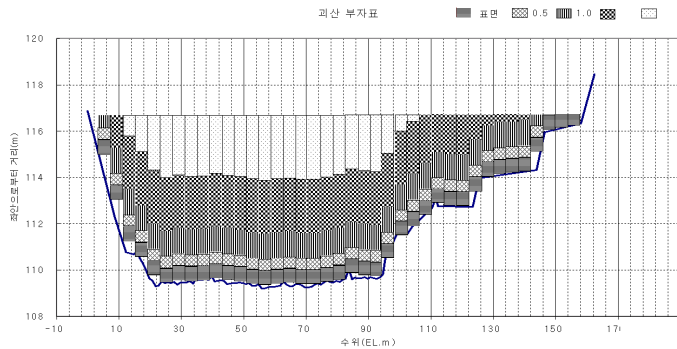


그림 4. 부자표(괴산)

경우는, 전망원은, 확인 신호를 하고, 유하시간의 측정을 개시한다. 부자가 전망선을 통과하는 것을 확인할 수 없었을 때는, 그 내용을 신호하고, 바로 같은 투하위치에서 다시 부자투하를 한다. 부자가 체류하거나, 유하경로가 예상 경로에서 현저하게 떨어져서 흐른 경우는, 다시 부자투하를 한다.

부자에 의한 유량관측에서는, 유속측정과 동시에 수심측정을 실시하는 것은 곤란하므로, 홍수 후 가능한 한 빠른 시기에 횡단 측량을 해서 단면적을 구한다. 횡단측량은, 제1, 제2, 제3 관측 단면 및 기준 수위표의 단면에 대해 홍수 전후로 실시한다.

4. 유속측선 배치 및 단면측량

현재 국내에서 일반적으로 사용되는 부자 야장의 경우는 그림 5와 같다. 그림에서 보는바와 같이 유속측선을 측선거리가 아닌 측선간격으로 기록을 하고 있다. 이러한 방법은 현장에서 미리 정해진 위치에서 신속히 부자를 투하하여 측정을 할 수 있는 장점이 있는 반면 이러한 측선표시법의 사용으로 인해 유량산정시 오차가 커지고 유량값 산정에 일관성이 떨어지는 결과를 초래한다.

부자 측정의 경우 유속계 측정과 달리 수심을 유속 측정과 동시에 측정할 수 없다는 단점이 있다. 이는 유속측정과 단면측량이 각기 수행되므로 그림 5와 같은 방법으로 측선을 기록하는 경우 측정시 좌·우안 수

부자측정시 관측에 필요이상의 시간을 들이는 것은, 전체의 정밀도를 저하시키는 것이 되므로, 되도록 관측을 신속히 실시한다. 부자를 이용한 유량측정의 순서를 간략히 서술하면 다음과 같다. 기준수위표에서 수위를 측정하여 부자표에서, 각 측선에서의 부자의 홀수를 결정한다. 수심에 따른 부자를 부자투하위치에 배치한후 투하한다. 부자가 전망단면에 닿은 후에, 신호에 의해 동시에 기준수위표, 제1, 제2, 제3 관측단면에 있는 보조수위표의 수위를 측정한다. 부자가 전망단면을 통과하는 순간을 확인한

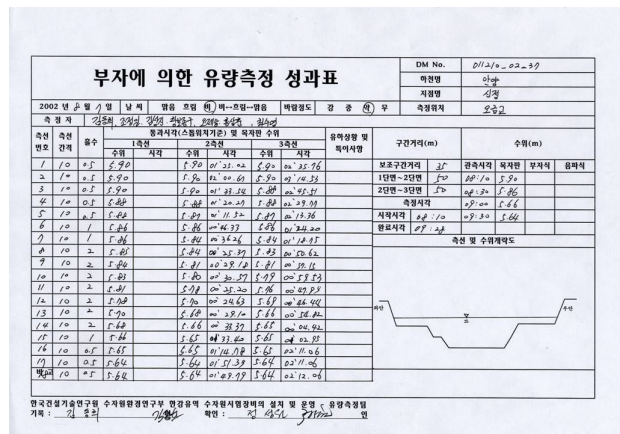


그림 5. 부자측정 야장(예)

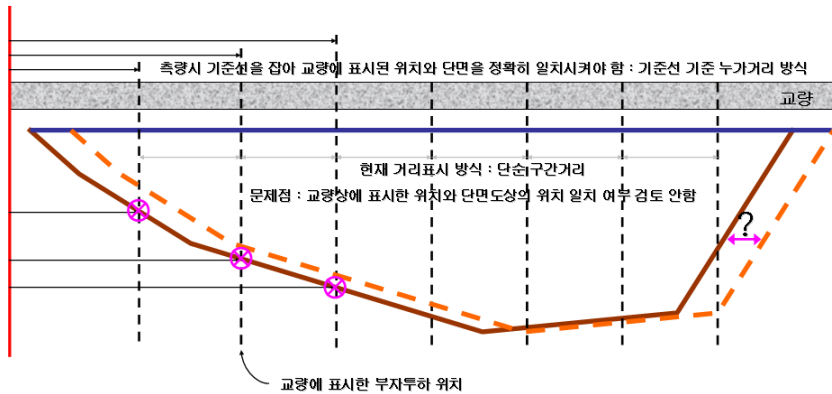


그림 6. 부자측선의 표시

면경계를 기록하지 않는 결과가 되어 유량산정시 단면과 유속측선의 위치를 정확히 일치시킬 수 없는 결과를 초래한다. 다시 말해 고정 기준점을 기준으로 측량단면과 부자투하 위치를 정확히 일치시킬 수 없게 된다. 이로 인해 그림 6과 같이 수심의 편차가 큰 경우 단면과 측선간의 미소한 불일치로도 매우 큰 계산오차를 유발하게 된다.

이를 해결하는 방법은 매우 간단하다. 우선 거리는 기준말뚝

(기준점)을 기점으로 채고, 측점의 위치는 기준말뚝에서의 누가거리로 나타낸다. 이는 측량시 기준말뚝의 위치를 측량단면상에 기록하여야 한다. 더불어 이렇게 거리를 기준말뚝을 기점으로 해서 측량하면 단면의 비교에도 좋다. 측점의 위치를 그 전 측점과의 거리로 나타내면 측점을 잘못해서 빠뜨린 경우 그 오류를 발견하기 어려우므로 기점에서의 거리로 나타내는 것이 좋다.

그림 7은 프린터 과제에 일환으로 개발된 『유량자료관리 및 분석시스템』의 일부로 부자측정성결과를 유량으로 자동 환산해 주는 웹 프로그램이다. 이 프로그램에서는 기본적으로 측선을 기준점에 대한 누가 거리로 표현하여 입력하도록 구현되어 있다.

유량자료관리 및 분석시스템
DISCHARGE DATA MANAGEMENT & ANALYSIS SYSTEM

HOME / SITEMAP / 공지사항 / 게시판

유량자료 입력

측정결과 입력

한강권역-안성천 수계-평택

측선설정 | 측선추가 | 측선삭제

번호	거리 (LEV)	투하시각 (시분)	기준수위 (m)	보조수위			홍수	유하시간		유해상태
				1단면 (m)	2단면 (m)	3단면 (m)		1-2 (s)	2-3 (s)	
1	43.63									
2	113.63	14.45	6.03	6.03	6.03	6.03	2	80.31	62.72	
3	133.63	14.50	6.00	6.00	6.00	6.00	2	70.97	62.85	
4	153.63	14.55	5.97	5.97	5.97	5.97	4	45.75	50.53	
5	173.63	15.00	5.94	5.94	5.94	5.94	4	46.83	41.54	
6	193.63	15.05	5.91	5.91	5.91	5.91	4	38.36	40.00	
7	213.63	15.10	5.88	5.88	5.88	5.88	2	36.97	36.33	
8	233.63	15.15	5.85	5.85	5.85	5.85	2	54.95	48.13	
9	253.63	15.20	5.82	5.82	5.82	5.82	1	64.98	48.24	
10	313.63									

그림 7. 부자측선 배치 방법의 개선

5. 결론

국내의 경우 일반적으로 여름에 집중호우가 빈발하고 경사가 급한 산지하천이 대부분이다. 그래서 홍수시 하천의 유속이 매우 빠르고 하천수내에 부유물이 많이 함유되어 있다. 이러한 요인들로 의해 대부분 홍수시 유속계를 이용한 유량측정이 불가하여 대안으로 부자를 이용하여 측정하고 있다. 그 결과 평저수시 유속계 이용시에 비해 측정 및 산정과정에서 매우 큰 오차가 발생하고 있다.

이러한 관점에서 홍수시 부자측정 방법에 의한 유량자료의 정확도 향상을 위해서는 현장 유량측정의 정확도를 향상시키는 것이 일차적으로 필요하지만, 현실적으로 적절한 대안이 없다면 측정기준을 보완하여 측정된 자료를 과학적이고 체계적인 계산과정을 통하여 유량으로 환산하는 것도 매우 중요하다.

본 연구에서 분석된 결과에 의하면 측정 자체의 문제점을 제외하면, 부자측정 방법에 의한 유량 산정시 가장 큰 오차원인은 두 가지로 분석해 볼 수 있다. 첫째, 홍수시 측정된 유속측선의 위치와 홍수 전후로 측정된 횡단면상의 위치가 일치하지 않는 점과, 둘째, 오차를 최소화하는 유하시간에 대한 검토 없이 일괄적으로 두 측정 구간을 설정하여 평균값을 대푯값으로 사용한다는 점이다.

이 두가지 문제에 대하여 국내하천에 적용 가능한 적절한 기준을 설정하기 위해서는 추후 현장 실험을 통한 연구가 적극적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비 지원 (과제 번호 2-1-2)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(2004), 지표수 조사기술 개발 1단계 최종보고서.
2. 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(2004), 하천 유량측정 지침, 기술보고서 (TR 2004-01).
3. 일본 건설성 수문연구회(1996), 수문관측.
4. International Organization For Standardization(1997), Measurement of liquid flow in open channels-Velocity-area methods (ISO-748).