

유량측정기법에 대한 국내·외 기준 비교 및 분석

○이을래¹, 윤광석², 김동구³, 김원⁴

1. 서론

일반하천에서의 유량측정은 다양한 방법이 있게 되는데 특히 홍수기, 평수기, 저수기에 각각 적합한 방법을 선택하여 수행하게 된다. 통상적으로 많이 사용되는 방법으로는 일반유속계를 이용한 유속-면적법과 봉부자등을 이용한 부자측정법, 전자파를 이용한 전자파 표면 유속계법, 추적물질을 하천에 투여하여 농도를 측정하고 그 분포상황을 이용하여 유량을 측정하게 되는 회석법, 수공구조물 특히 위어, 플룸 등 유량측정구조물을 이용하여 유량을 산정하는 방법, 그리고 초음파 및 다양한 방법을 이용하여 수행하게 되는 방법이 있게된다.

우리나라에서 하천유량측정을 위해 사용되는 기법은 크게 두 가지로 구분이 되어진다. 통상적으로 평수기와 저수기에 실시하게 되는 유속-면적법과 홍수시에 실시하게 되는 부자 측정법이 그것인데 유속-면적법은 통상적으로 다양한 유속계를 사용하여 유속을 측정한 다음 하천의 단면적을 이용하여 유량을 측정하는 방법이며, 부자 측정법은 홍수시 유속계의 설치가 곤란할 경우 봉부자를 이용하여 유하시간을 측정한 다음 유속과 유량을 측정하는 방법이다.

본 연구에서는 유량측정기법에 대하여 우리나라를 포함한 국외의 측정기준들을 비교 분석하여 새로운 유량측정기술 개발을 위한 지침을 마련하는데 그 목적이 있다.

2. 국내·외 유량측정기술의 분류

현재 국내에서는 유량측정기술에 대한 사항을 하천설계기준에서 제시하고 있다. 유량조사편(7장)에서 나타난 대로 유량조사에 대한 적용범위와 장비의 사용법 그리고 적용절차에 대해서 나타내고 있다. 또한 일본의 유량측정은 주로 건설성에서 제시한 수문관측 지침서에 자세히 나타나 있으며 우리나라도 일본의 수문관측 지침을 많은 부분 참조하고 있는 실정이다. 또한 미국의 수문관측은 주로 지질조사국(USGS)와 개척국(USBR)에서 실시하고 있는데 특히 USGS가 하천에 대한 유량측정을 담당하고 있다. 따라서 USGS 자체에서 개발한 다양한 유량측정기술에 대한 관련 기준들을 확인할 수가 있다. 영국에서는 수문관측을 EA(Environmental Agency)에서 담당하고 있는데 영국자체의 기준도 있지만 대체적으로 국제표준기구(ISO)의 기준을 그대로 이용하는 경우가 많다.

유량측정과 관련하여 국제기준으로 들 수 있는 것은 국제표준기구(ISO)와 세계기상기구(WMO)이다.

1 2 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

3 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원

4 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 수석연구원

이 두 국제기구에서는 유량측정과 관련된 여러 가지 기준들을 규정하고 있으며 각 방법 별로 상세한 기준을 제시하고 있다. 대체적으로 유량측정에 관련된 사항들은 한국과 일본, USGS에서 제시하는 기준들에서 상당부분 유사성을 발견할 수 있다. 그림 1은 5대강 유량 측정자료의 불확실도를 나타내는 것으로서 이러한 불확실도는 유속면적법을 적용할 때 여러 가지 적용에 있어서 기준들을 충분히 반영하지 못하는 이유로 발생하는 오차이다. 따라서 유량 측정에 관련된 합리적인 기준의 적용이 시급한 실정이다.

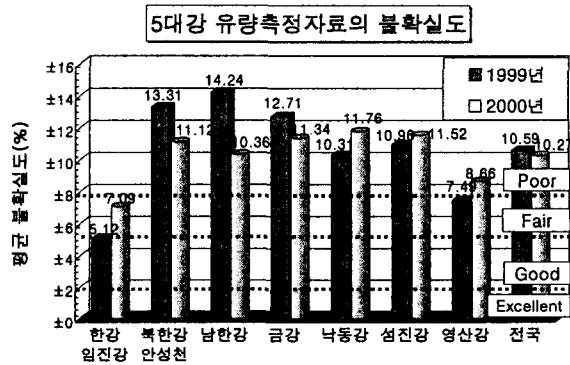


그림 1. 유량측정자료의 불확실성

3. 유속-면적법의 비교

3.1 측선수에 대한 비교

측선수에 대한 기준에 관해서 국내에서는 유속측선은 원칙적으로 횡단선을 포함한 연직면상에서 횡단방향으로 등간격이 되도록 선정한다. 그러나 이러한 조건을 만족하기가 곤란한 지역에서는 부등간격으로 할 수 있다. 측선의 선정은 전체적인 정확도에 영향을 미치는 곳을 세밀하게 하는 것이 좋다. 즉, 수심이 깊고 유속이 큰 곳은 조밀하게 측정해야 한다. 특히 횡단면의 형상 및 유속분포가 복잡할 때에는 측선간격을 축소시킬 수 있다.

일본에서는 횡단방향의 측선배치는 횡단방향의 수면폭에 대해, 원칙으로서 등간격이 되도록 선정한다.

표 1 유속측선수

수면폭 (m)	국내	일본	ISO			USGS/WMS
	측선거리 (m)	측선거리 (m)	수면폭 (m)	측선수 (개)	측선거리 (m)	
10 이하	수면폭의 10~15%	수면폭의 10~15%	0~0.5	3~4	0.125 이하	· 측선은 어떠한 부구간에서도 전체유량의 10%를 넘지 말 것 · 이상적인 측정이 되기 위해서 각각의 부구간에 대해서 5% 유지
			0.5~1	4~5	0.125~0.2	
			1~3	5~8	0.2~0.375	
			3~5	8~10	0.375~0.5	
			5~10	10~20	0.5	
10~20	2	2	· 측선수 20개 이상 · 부구간의 유량 - 전체 유량의 5% 미만 · 10%를 초과하지 말 것 · 수로가 충분히 균등할 경우 위에서의 사항들과 상관없이 측선의 수를 줄이거나 측선간격을 균등히 하는 것도 가능	0.5~1	· 대체적으로 주어진 구간에 대해서 20~30개의 측선수를 가질 것 · 수심과 유속이 크게 변하는 구간에서는 조밀하게 설정할 것	
20~40	4	4		1~2		
40~60	6	6		2~3		
60~80	8	8		3~4		
80~100	10	10		4~5		
100~150	12	12		5~7.5		
150~200	20	20		7.5~10		
200 이상	30	30		10 이상		

횡단면의 형상과 유속분포에 따라 등간격으로 하는 것이, 적당하지 못할 경우는, 하상 등에 따라서 부분적으로 측선간격을 좁게 한다. 측선의 등간격 배치를 원칙으로 하는 것은, 유속분포가 미지이고, 또 변화하기 때문이고, 관측 실무를 생각해서이다. 측선 간격의 단위는 통상의 하천에서는 1미터 단위로 하면, 측정작업에 편리하다. 단, 강폭 10m 이하에서는 10cm 단위로 한다.

ISO의 측정기준에서는 측선의 선정은 각 구간에서의 유량이 전체 유량의 5%미만이 되도록 하여야 하며 가능하다면 10%를 초과하지 않아야 하는 것으로 나타나있다. USGS의 측정기준에서는 측선은 어떠한 부구간에서도 전체 유량의 10%이상 이 되도록 설정되지 말아야한다. 이상적인 측정이 되기 위해서는 각각의 부구간에 대해서 통상적으로 전체유량에 대해서 5%를 유지하도록 한다. 또한 주어진 하도에 대해서는 20~30개 정도의 부구간으로 나누어져야한다. 측선사이의 거리는 수심과 유속이 크게 나타나는 구간에서는 좀 더 조밀하게 설정이 되어야한다. 표 1은 이에 대

한 국내의 기준에 대한 유속측선수의 기준을 제시하고 있으며 그림 2는 실제하천(탄천, 섬진강, 복하천, 청미천, 섬강, 달천)에서의 측선수에 따른 오차범위를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 측선수가 증가함에 따라 오차는 작게 발생하고 있으며 측선수의 기준에 따라서 유량측정의 정확도가 상당히 많이 변하는 것을 알 수 있었다.

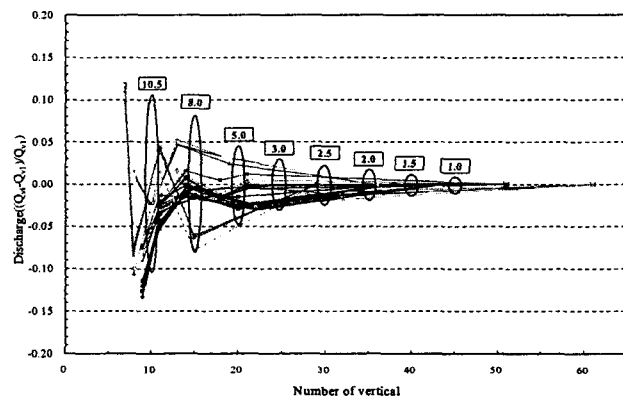


그림 2 측선수에 따른 오차

3.2 측정시간에 대한 비교

국내의 측정기준에서 수심측정은 원칙적으로 동일 횡단선상을 왕복해서 2회 실시하고, 유속측정은 횡단선상의 각 측정점에서 계속하여 2회 실시한다. 수심과 유속을 각각 2회씩 측정하여 현저한 차이가 없는 것을 확인하고 만약 현저한 차이가 발견되면 즉시 다시 한번 측정해 볼 필요가 있다. 그러나 홍수시와 같이 수위와 유속의 변화가 큰 경우에는 예외로 한다.

일본의 측정기준은 원칙으로서 수심 측정은 왕복해서 동일 횡단선상을 2회, 유속측정은, 횡단선상의 각 측정점에서 계속해서 2회 한다. 유속측정에서는 각 점의 1회의 측정시간은 적어도 20초 이상으로 하고, 2회 반복한다. 또 정밀법에 있어서는, 1회의 측정시간은 적어도 60초 이상으로 하고, 2회 반복한다. 또 직독식 유속계에서는, 지침이 안정되었을 때에 읽는다. 수심 및 유속을 각각 2회 측정해, 현저한 차이가 없다는 것을 확인할 필요가 있다. 현저한 차이(10%를 기준)가 있으면, 바로 다시 한번 측정해서 고쳐야 한다. 단, 출수시처럼 수위, 유속에 변화가 클 때는 이 범위에 들지 않는다. 전음식, 음향식에서는 신호음은 단형파이므로 울리기 시작하는 것은 캐치하기 어려우므로 다 울렸을 때의 순간을 가지고 신호로 하고, 시간의 측정을 한다. 직독식 유속계에서는 지침이 안정되지 않을 때는, 평균치를 관측한다.

ISO의 측정기준에서는 각 선정지점에서의 유속은 회전식 유속계의 경우 최소 30초, 전자기 유속계의 경우 최소 10초의 측정시간을 가지고 측정하게 되고 유속이 주기적인 진동을 나타낼 경우 관측시간을 적절하게 증가시켜야 한다. USGS의 측정기준에서는 한지점에서 유속계를 이용하여 유속을 측정하는 시간은 통상적으로 40~70초의 범위를 권장하고 있다. 이러한 시간의 적용은 한지점에 있어서 유속의 관측값에 대한 정

확성을 보장하는데 충분히 긴 시간은 아니다. 그러나, 유속계의 진동이 임의적이고, 유량측정 수행동안 유속 관측이 25~30개의 측선에서 수행이 되며, 통상적으로 각각의 측선에서 두 번의 관측이 이루어지기 때문에 하천에 대한 전체 관측유량값이 대한 편차가 거의 발생하지 않게 된다.

한 지점에 대한 유속계 관측에 대해서 좀 더 긴 시간이 사용되지 않는다. 왜냐하면 수위가 많은 변화를 가지기 전에 유량측정을 마치는 것이 바람직하며 좀더 오랜 시간의 측정은 관측소운영에 따른 많은 비용이 소모되어진다.

표 2 측정시간

국내	일본	ISO	USGS/WMO
<ul style="list-style-type: none"> · 수심측정은 동일횡단선상을 왕복하여 2회 실시 · 유속측정은 각 측정에서 계속하여 2회 실시 · 측정시간에 대한 자세한 기준은 마련되지 않았음 	<ul style="list-style-type: none"> · 수심측정은 왕복하여 동일 횡단선상을 2회 실시 · 각 점의 1회 측정시간은 20초 이상 2회 반복권장 · 정밀법에서는 1회 측정시간을 60초 이상, 2회 반복권장 · 직독식 유속계에서는 지침이 안정되었을 때 측정 	<ul style="list-style-type: none"> · 회전식 유속계의 경우 최소 30 초 이상 · 전자식 유속계의 경우 최소 10 초 이상 · 유속이 주기적 진동을 나타낼 경우 관측시간을 적절히 증가할 것 	<ul style="list-style-type: none"> · 한지점에서의 유속측정시간은 통상 40~70초의 범위 권장

4. 결론

본 연구의 목적은 유량측정의 정확도를 높이기 위해서 선진국의 측정기법들을 분석하여 우리나라 실정에 맞게 개선하는 것이 목적이다. 하천유량은 수자원계획, 댐개발, 용수공급, 하천수질관리 등에 필요한 수자원 기본자료로서 정확도에 따라 국가수자원계획이 좌우될 수 있는 중요한 자료이다. 지금까지의 국내의 연구들은 대부분 일반적인 유량측정방법에 대한 기본적인 내용들을 조사하는 수준이었으며 유량측정기술 자체에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 유량측정의 오차문제는 조직이나 예산의 문제도 있었지만 기술개발의 미흡에서 발생하는 부분도 상당히 크기 때문에 지금까지 거의 이루어지지 않았던 유량측정기술에 대한 연구는 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재 유량자료의 중요성이 날로 증대되는 시점에서 기존 기술의 개선 및 선진국에서 현재 수행하고 있는 새로운 유량측정기술의 도입 및 개발은 매우 시급하다고 할 수 있다.

5. 감사의 글

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

6. 참고문헌

- 하천설계기준 (2002) 건설교통부
- 建設省 水文研究會 (1986) 水文觀測
- ISO the International Organization For Standardization
- USGS (1982) Measurement and Computation of Streamflow
- WMO (1980) Manual on Stream Gauging