

현대적 유량측정 기법에 대하여

이 상 호*

Q 프로펠러 유속계나 프라이스 유속계와 같은 전통적인 방법 이외에 현대적 하천 유량측정 방법들이 있다고 하는데 어떤 방법들이 있습니까?

A 하천의 유량측정에는 전통적으로 프로펠러 유속계나 프라이스 유속계가 사용되어 왔습니다. 그리고 전자 유도 현상을 응용한 전자 유속계가 사용되기도 합니다. 그런데 최근에는 위와 같은 전통적인 방법으로는 측정하기 곤란한 경우에 대해서도 하천의 유량을 측정할 수 있는 기기들이 개발되어 사용되고 있습니다. 이 지면을 빌어서 세 가지 측정기기를 소개하고자 합니다.

1. 音波 도플러 垂直 流速分布 測定器

이 기기는 ADCP(Acoustic Doppler current profilers)라고 불리는데 제목에서 제시하였듯이 수면 아래에서 바닥까지 수직 유속의 분포를 측정할 수 있는 기기입니다. 그러니까 여러 대의 유속계를 수심별로 배치시키고서 동시에 유속을 측정하는 효과를 거둘 수 있습니다.

이 기기를 배의 외부에 장착하고 감지부(sensor)를 물 속에 살짝 잠기도록 한 후 하천을 횡단해 간다면, 횡단면 전체에 대한 유속 분포를 측정하게 되므로 하천의 유량을 환산하여 출력시킬 수 있습니다. 여기에 사용되는 배는 소형 모우터 보트로부터 조사 목적의 선박 등이 이용될 수 있습니다.

음파의 도플러 효과는, transducer로부터 발신되어 퍼져나가는 음파의 주파수와, 물과 함께 이동하는 미세 입자에 의해 산란된 후 수신된 음파의 주파수에 차이가 나는 현상입니다. 이 差周波數는 전자 부품에 의하여 기계적으로 추출해 낼 수 있고 부수적으로 측정되어야 하는 물리량들을 함께 측정하면서 물의 흐름 속도를 환산해 냅니다.

수직 유속분포 측정기의 장점은 소형의 동력선과 장비 및 장비를 고정시킬 도구만 갖추어 진다면, 적절한 수심(평균 50-60cm) 이상의 하천에서 매우 간편하게 유량을 측정할 수 있는 점입니다. 그런데 홍수시에는 배를 띄우기가 매우 위험하므로 사용하기 어려운 단점이 있습니다. 연안 해역에서는 이 기기를 바닥에 고정시켜서 垂直 上方向으로 潮流의 속도와 방향을 측정하고 있으나, 하상변동이 심한 하천에서는 확실한 신뢰성을 말하기 어렵습니다. 가격이 매우 비싸다는 단점도 있습니다.

이 기기는 주로 수심이 어느정도 확보된 곳에서 갈수 또는 평상시 유량을 측정하는데 유용합니다. 외국의 측정예를 보면 약 1.5 m/s의 유속까지 측정된 것을 볼 수 있습니다. 현재 상용화된 수직 유속분포 측정기는 선진국에서 널리 사용되고 있고, 미국의 미시시피강이나 중국의 양자강 하구와 같이 매우 넓은 하천에서 효과적으로 사용되고 있습니다.

이는 해안 해양 공학 또는 과학 분야에서 먼저 사용되던 것으로서 하천분야에 활발히 응용되고 있습니다. 해양에서는 길이 2m 내외의 기종이 사용

* 부산수산대학교 토목공학과 전임강사

되고 하천에서 길이 0.5m 내외의 기종이 쓰입니다. 해양연구소나 부산 수산대학교에서는 해양 관측용으로 보유하고 있습니다. 우리나라 하천에서는 한국수자원공사 수자원연구소의 주관으로 '94년 5월에 대청 조정지댐 하류에서 시범적으로 사용된 예가 있습니다.

2. 音波 水平平均 流速測定 設備

미국의 지질 조사국(USGS) 문헌에 따르면, acoustic line velocity meter로 불리어지는 고정식 하천 유량측정 설비를 위 제목과 같이 번역하였습니다. 이 기기는 하천 양안에 수심별로 음파 transducer를 고정시켜 설치하고서, 하천을 횡단하여 반대편에 도달하는 음파 경로(path)에 대한 평균유속을 구하는 설비입니다. 따라서 line velocity meter라는 용어를 사용하는 것으로 생각됩니다. 엄밀하게 말하면 음파가 물 속에서 직선의 경로를 갖지 못하지만 이해를 돕기 위하여 수평평균이라는 용어를 사용하였습니다. 이 설비는 수위계(수심계)가 함께 설치되는데, 전체 수심과 수심별 평균유속을 측정하여 유량을 환산합니다.

수평평균 유속 측정설비의 transducer는 음파 경로가 하천 흐름방향과 일정한 각도를 가지도록 설치됩니다. 이 때 흐름방향을 거슬러 올라가는 음파 신호와 반대로 거슬러 내려오는 음파 신호는 각기 반대편으로 도달하는 시간이 차이나게 됩니다. 이 시간차를 유속으로 환산하는 원리를 채택하고 있습니다.

수평평균 유속측정기의 장점은 고정식 측정설비로서 연속적인 유량관측이 가능하다는 점입니다. 그러므로 한번 설치된 후 유지, 보수만 지속한다면 간편하게 유량을 관측할 수 있습니다. 미국의 경우에 운하와 같은 인공 수로에는 이러한 측정설비를 설치하여 운영하고 있습니다. 수위의 변동이 작은 유럽에서는 하천의 양안이 잘 정비된 곳 뿐만 아니라 자연상태인 곳에서 이러한 측정설비가 설치된 예를 찾아볼 수 있습니다. 일본에서는 농업용 관개 수로에 수평평균 유속측정 시설을 운영하고 있는 예도 볼 수 있었습니다.

그런데 고정식 시설을 설치한다는 점은 큰 단점

이 될 수도 있습니다. 인공 개수로와 같은 곳에서는 transducer와 이들을 고정시키고 보호할 시설물을 비교적 쉽게 설치할 수 있으나, 자연하천에서는 여간 어려운 일이 아닙니다. 즉 하천 양안은 물론이고 바닥까지도 인공 수로와 유사하게 수로 정비를 해야할 필요성이 있기 때문입니다. 특히 우리나라와 같이 하상계수가 커서 수위 변동폭이 큰 나라에서는 더욱 어려울 수 밖에 없습니다. 하천 바닥을 정비한다고 하여도 유사에 의한 하상변동이 충분히 검토되어야 할 것입니다.

그리고 측정소 자체나 그 주변에 운영요원이 있어서 수시로 점검하고 보수한다면 좋은 측정결과를 유지할 수 있을 것으로 생각합니다. 그러나 멀리 떨어진 산악 지방에 이러한 설비를 설치하고 간헐적인 점검, 보수만 수행한다면 예기치 못한 여러가지 고장이나 오동작이 치명적인 문제를 야기시킬 수 있습니다.

하여튼 수평 평균 유속 측정설비와 수직 유속분포 측정기는 현재 가장 精度가 높은 하천 유량측정설비로 인정되고 있습니다.

3. 電磁波 河川水 表面流速計

홍수시 발생하는 급류 유속의 측정에는 보통 부자를 이용하여 왔습니다. 지난 '95년 8월 홍수 때에는 여주 대교 지점에서 표면 유속이 초속 4m/s에 달하는 경우를 목격하였습니다. 하천 폭이 500m에 이르는 곳에서 위와 같이 빠른 흐름이 형성될 때에는 효과적인 유량측정 방안을 찾기 어려우므로, 부자를 띄워서 표면유속을 측정한 결과로서 유량을 환산하는 것이 상례이었습니다. 부자를 사용하는 가장 중요한 이점은 기존의 프로펠러식 유속계를 물 속에 넣어 측정할 때 형성되는 항력을 지탱할 구조물이 없어도 된다는 점입니다.

전자파 하천수 표면유속계는, 교량과 같은 하천 횡단 구조물 위에서 전자파 감지부를 물과 멀리 떨어져서 채로 하천수의 표면유속을 측정하는 기기입니다. 그러므로 이러한 측정방식은 부자 측정법과 마찬가지로 홍수유속 측정시의 위험성을 배제할 수 있습니다. 마치 측량용 삼각대 위에 가정에서 사용하는 위성 수신용 안테나를 얹어 놓고서, 교량 아

래의 물 흐름 방향에 맞추어 표면유속을 측정하는 모습을 상상하면 됩니다. 교통순경이 멀리서도 차량의 속도를 측정하는 것을 생각하여도 이해를 도울 수 있습니다.

운동하는 물체에 의하여 산란된 전자파의 주파수가 변하게 되는 현상을 전자파 도플러 효과라고 합니다. 물을 향하여 발진된 초고주파 전자파는 물 표면에서 산란되고 이 중에서 되돌아오는 신호를 안테나로서 수신하면 도플러 주파수를 구할 수 있습니다.

물 표면의 유속만을 측정할 수 있다는 점은 전자파를 이용한 속도측정의 장점이기도 하고 단점이기도 합니다. 장점은, 물과 멀리 떨어져서 물 표면의 유속을 측정함으로써 빠른 유속의 항력을 지탱할 구조물이 없어도 되며 홍수때 떠나려오는 각종 부유물로부터 감지부를 보호할 수 있는 점이다. 이를 이용하여 하천의 유량을 측정하는데는 크게 두 가지의 단점이 있습니다. 하나는 이 측정기기로는 물 표면의 유속밖에 측정할 수 없으므로 수심 평균 유속으로의 환산계수를 구해야 하는 어려움이 있습니다. 또 하나는 물 표면이 바람에 의하여 교란되므로 오차를 유발시키는 점이다. 수심 평균 유속 환산계수는 보통 0.85-0.95 사이로 문헌에 기술되어 있으나 하천 지점에 따라 서로 조금씩 다르고 수위별로도 다소 다를 수 있습니다. 이러한 점이 이 측정기기를 사용하는데 큰 어려움 중의 하나가 됩니다. 바람에 의한 물 표면의 교란도 오차를 유발하는 주요 원인 중의 하나가 됩니다. 이것은 유속이 낮은 경우 더욱 클 것으로 생각합니다. 따라서 본 측정기기의 사용은 홍수에 보다 효과적일 것입니다.

이러한 측정방법에 대한 연구는 일본에서 활발하게 이루어져 왔는데, '80년대 말에는 음파 도플러 효과로서 물 표면 유속을 측정하였고 '90년대에는 전자파를 이용하여 왔습니다. 그리고 이 측정체계의 발달 수준은 휴대형에서 더 나아가, 하천 교량에 고정식으로 설치하는 단계에 이르렀습니다. 즉 몇 개의 전자파 표면유속 측정기를 교량에 설치하

고, 역시 물과 접촉하지 않은 음파 수위계로써 수위를 측정하며, 물 표면이 바람에 영향받는 단점을 극복하고자, 풍향, 풍속계도 설치하여, 연산장치를 통해 각 감지부의 신호를 통합처리하는 고정식 하천유량 관측체계를 개발하였습니다. 이러한 고정식 장치는 매우 高價이고 아직 널리 사용되지는 않고 있지만, 우리나라와 같이 홍수유속이 매우 큰 나라에서는 관심을 가져야 할 측정 원리입니다.

자료로서 확인하지는 못하였으나 구 소련에서도 이러한 측정방안이 연구되었는데, 최종적인 공인 단계에서 물 표면의 교란이 오차를 야기하는 문제 때문에 연구에서 그쳤다고 합니다. 한편 중국 남경 수리/수문 자동화 연구소에서도 최근에 휴대형 전자파 표면 유속계를 제작하여 중국내에 공급하고 있습니다.

그런데 구 소련의 예와 같이 전자파를 이용한 물 표면유속 측정이 흑명을 받을지라도, 적어도 우리나라의 홍수 특성에 사용하기에는 상당한 필요성이 인정됩니다. 즉 부자를 띄워 홍수유량을 측정하는 방법을 대치할 만한 현실적인 대안이 될 수 있습니다. 이것은 안전성과 간편성을 고려할 때 더욱 그러합니다.

한국수자원공사 수자원연구소에서는 최근 2년동안 휴대형 전자파 하천수 표면유속계에 대한 연구를 수행하여 왔으며, 현재는 현장 적용시험을 계속 수행할 계획에 있습니다.

하천의 유량측정은 수문측정 분야에서 매우 어려운 문제중의 하나입니다. 그리고 한 가지 측정방법이 모든 상황에 적절하게 사용되기도 어렵습니다. 선진국에서는 여러가지 현장상황에 맞도록 측정방안을 계속 개발하여 오고 있습니다. 한편, 우리나라에서는 기초 수문자료의 신뢰성이 낮다는 점이 자주 지적되고 있습니다. 이를 개선하기 위하여 우리의 수문특성에 적절한 하천 유량측정 기기를 활발히 도입, 개발할 시점에 와 있습니다.