

OE9 다목적댐 운영을 위한 기초 환경조사

허창환*, 방두연¹, 장인수², 김지학³

충주대학교 토목과, ¹여주대학 건설환경정보과,

²충주대학교 환경과, ³충주대학교 토목과

1. 서 론

본 연구는 합리적이고 경제적인 이수 및 치수계획의 수립에 필요한 기초자료로서 충주댐 일원의 주요 지점에 대한 평·갈수기와 홍수기의 유량을 측정하고 측정성과의 신뢰도를 분석하여 최종적으로 수위-유량 관계곡선식(Rating Curve)을 개발하는 것이며, 또한 동일 지점에서 수질조사를 실시하여 유량과의 상관성을 분석하여 댐운영에 활용하고자 한다.

2. 전자파 표면유속계에 의한 측정

전자파표면유속계에 의한 유량관측은 하천의 횡단방향으로 일정 간격으로 전자파 표면유속계를 설치하고 상류방향으로 전자파를 발사한 후, 물표면에서 반사되는 잔자파의 도플러 효과를 이용하여 표면유속을 측정하는 것이다.

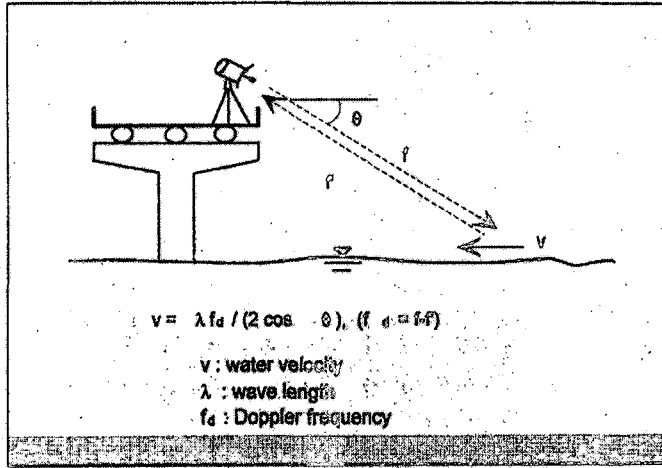
이 표면유속을 미리 구하여 둔 보정계수에 의해 평균유속으로 변환하여 유량을 측정할 수 있다. 전자파의 도플러효과를 이용하여 하천의 유속을 물과 접촉하지 않고서도 측정할 수 있어 기존 유속계로서는 측정하기 어려운 홍수 유속을 측정할 수 있으며 유속값이 매우 크거나 유량이 많은 경우, 혹은 야간 측정에도 물과 접촉하지 않으므로 안전하게 측정할 수 있는 장점이 있다.

운동하는 물체에 의하여 산란된 전자파의 주파수가 변하게 되는 현상을 도플러 효과라고 한다. 이때의 주파수의 변화량을 도플러 주파수라고 하며, 수학적으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f_d = \frac{2v}{\lambda} \cos \theta$$

여기서, f_d 는 도플러 주파수이고, v 는 물체의 속도, λ 는 전파의 파장, 그리고 θ 는 물체의 속도 방향과 전파의 진행 방향이 이루는 각으로 20~45°사이의 각을 이용한다. 이러한 원리를 이용하여 하천의 유속을 측정하는 경우 도 1과 같은 형태로 측정 모식도를 나타낼 수 있다. 단, 여기서 기존의 유속계 등에 의한 측정방법과 다른 점은 물표면의 유속만을 측정할 수 있다는 점이다. 이것은 전자파를 이용한 속도측정의 장점이기도 하고 단점이기도 하다. 즉 하천의 유량을 측정하기 위하여 필요한 물 속 임의 지점의 유속을 알

수 없다는 큰 단점이 있는 반면, 물과 멀리 떨어져서 물표면 유속을 측정함으로써 매우 빠른 유속에 견딜 수 있도록 지지 구조물이 없어도 되며, 홍수시 떠내려오는 각종 부유물로써 센서를 보호할 수 있는 안정성의 장점이 있다. 따라서 이 방법에 의한 유속 측정은 홍수에 대한 측정을 기본 목적으로 한다.



도 1. 전자파 표면유속계의 측정 모식도

전자파 표면유속계는 전파를 발사 수신하는 부분인 안테나, 수표면에 대한 전자파의 발사각도를 측정하기 위한 측각부, 안테나와 측각부를 지지하는 삼각대, 안테나에서 수신되는 주파수 신호를 표면 유속값으로 환산하여 나타내고 저장도 할 수 있는 신호처리부로 크게 나누어 진다. 측정 데이터는 화면 display, RS-232C를 이용한 프린터 출력 그리고 신호처리부에 저장의 용이하며 이동관측은 니켈-카드뮴 배터리의 사용 또는 차량전원을 이용하여 매우 편리하다.

먼저 오실레이터에서 발생된 10GHz의 주파수는 Circulator를 거쳐 안테나로 발사되고 다시 안테나를 통하여 수신된 주파수는 Circulator의 신호흐름방향 제어에 의해 Mixer에 도달하게 되고, 이 Mixer에서는 오실레이터에서 최초로 발생한 10GHz의 주파수신호와 비교하여 도플러 주파수를 산출하게 된다. 다시 이 신호는 Filter를 통해 노이즈를 걸러내고 수신된 미약한 도플러 주파수를 Amplifier를 통하여 증폭하고 A/D 변환과 고속 푸리에 변환을 거쳐 원하는 유속값으로 환산하게 된다. 전자파표면유속계로 측정된 표면유속으로부터 유량의 계산은 다음 식에 따른다.

$$Q = \sum \bar{V}_i A_i = \sum (f \cdot V_i) \cdot A_i = f \sum V_i \cdot A_i$$

여기서, V_1, V_2, \dots, V_i 는 표면유속이며, \bar{V}_i 는 i 단면의 평균유속, A_i 는 \bar{V}_i 에 해당하는 흐름단면적, f 는 수심평균 유속 환산계수이다. 외국의 연구사례에 의하면 f 의 범위는 0.85~0.95에 이르는 것으로 나타난다(수문관측, 1996). 국내에서 실험을 한 결과를

분석해보면 f 로 0.85를 이용하여도 무방하다. 각 지점에 대한 환산계수를 더 정확히 구하기 위해서는 지점마다 지속적인 측정이 수행되어야 한다.

3. 수위-유량 및 수질-유량자료의 분석

임의 구역에서의 강우사상에 의한 유출량은 구역출구에서 측정되는 수위관측소의 수위 자료를 유량으로 환산하여 구하는 것이 보통이다. 이 때 수위자료를 유량자료로 환산하기 위해서는 해당 관측소의 수위-유량 관계식이 필요하다. 본 연구에서 수행한 수위-유량 관계식은 수문자료 분석에 기본이 되는 식이다. 정확하고 신뢰성있는 식을 개발하기 위해서는 홍수, 평수, 저수 및 갈수시에 대한 수위별 유량이 측정되어야 할 것이며, 특히 저수 및 갈수시 유량과 홍수시 유량은 수위-유량 관계식의 유도에 매우 중요한 요소로서 분석결과는 표 1 및 2와 같다.

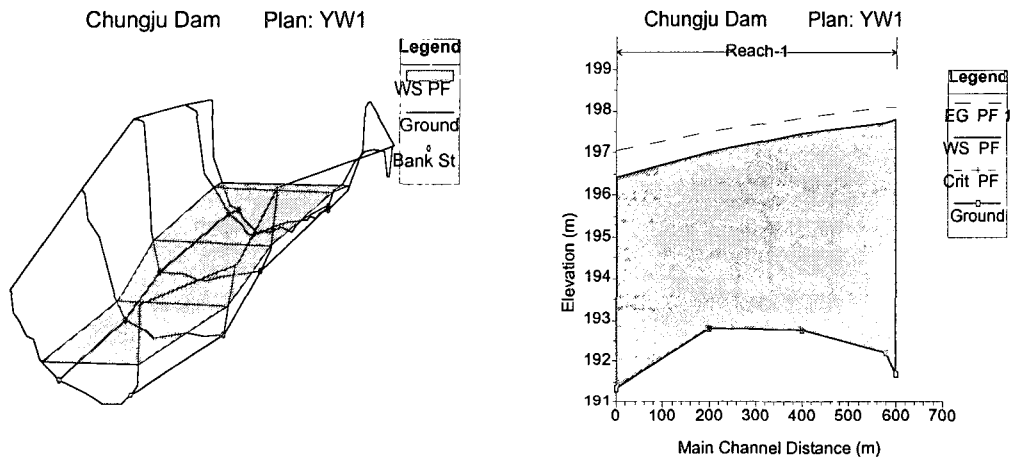
표 1. 수위국별 선정된 수위-유량관계곡선식

수위국명	적용수위(m)	관 계 식	표준편차	상관계수
영월 1	$H \geq 1.92$	$Q = 75.2843 H^{1.7997}$	0.0172	0.9985
	$H < 1.92$	$Q = 63.4086 (H + 0.0399)^2$	0.2472	0.9990
영월 2	$H \geq 1.15$	$Q = 38.2499 H^{2.4454}$	0.0694	0.9904
	$H < 1.15$	$Q = 89.4556 (H - 0.3739)^2$	0.5459	0.9956
영 춘	$H \geq 3.22$	$Q = 14.9746 H^{2.5047}$	0.0444	0.9955
	$H < 3.22$	$Q = 63.5467 (H - 1.1190)^2$	1.1684	0.9871
달 천	$H \geq 1.73$	$Q = 162.6080 H^{1.7825}$	0.0083	0.9997
	$H < 1.73$	$Q = 127.1816 (H + 0.1021)^2$	0.9397	0.9934
판 운	$H \geq 1.50$	$Q = 4.925 H^{3.4318}$	0.0092	0.9998
	$H < 1.50$	$Q = 32.0435 (H - 0.7132)^2$	0.7099	0.9802

표 2. 오염부하량-유량 상관 관계식(영월1)

항목	상관관계식	상관계수	결정계수
BOD	$BOD = 38.2579 Q^{1.1497}$	0.9749	0.9505
COD	$COD = 113.8685 Q^{1.1044}$	0.9667	0.9345
SS	$SS = 56.3196 Q^{1.5752}$	0.9044	0.8179
T-N	$T-N = 223.9580 Q^{1.0263}$	0.9816	0.9635
NH ₃ -N	$NH_3 - N = 4.3586 Q^{0.8333}$	0.8044	0.6471
NO ₃ -N	$NO_3 - N = 162.9515 Q^{1.0065}$	0.9934	0.9868
T-P	$T-P = 0.7829 Q^{1.3830}$	0.9356	0.8754
PO ₄ -P	$PO_4 - P = 0.0567 Q^{1.6804}$	0.9371	0.8781

또한 본 연구에서는 측정결과의 신뢰도 분석을 위하여 수위국과 유량측정지점이 일치하지 않은 영월 2 지점과 달천지점(2001년 측량자료) 영월 1과 영춘(2000년 측량자료)를 이용하여 상·하류 4 km 구간에 대하여 200 m 간격으로 횡단측량을 실시한 지형 자료를 바탕으로 모델링을 실시하였다. 본 모델을 통제하는 파일에는 Run File(*.r*), Project File(*.prj), Plan File(*.p*), Output File(*.o*), Geometry File(*.g*) 및 Steady Flow Data File(*.f*) 등이 있다. 표 3과 도 3은 HEC-RAS 모델로 각 지점별 상하류 하도구간에 대하여 금년도에 실측한 유량측정성과를 적용하여 수리 모델링한 결과이다.



도 3. 3차원 하천형상도 및 하천종단면도(영월1)

표 3. HEC-RAS에 의한 계산수위와 관측수위의 비교

지점	일시	홍수위(EL : m)			홍수량 (m ³ /s)	조도계수		수위국과 유량측정지 점간 거리 (km)	비고
		기점	중점			주수로	좌우안		
			관측치	HEC -RAS					
영월1	03 8/25 12:15	196.41	197.52	197.81	1533.34	0.033	0.037	0.6	중점 : 연당교 기점 : 수위국
영월2	03 8/25 17:30	200.61	206.63	207.32	1723.17	0.043	0.045	2.5	중점 : 거운교 기점 : 수위국
영춘	03 8/25 16:00	163.00	170.59	169.31	4410.28	0.040	0.043	4.0	중점 : 수위국 기점 : 북벽교
달천	03 9/13 09:00	67.33	74.48	75.10	1941.31	0.039	0.042	3.1	중점 : 수위국 기점 : 단월교
판운	03 7/23 11:00	240.69	246.23	247.26	1302.14	0.035	0.040	일치	기점 : 하류3km 중점 : 판운교

4. 결 론

충주댐 상·하류 하천 주요 지점의 수위-유량 상관관계를 분석하기 위하여 2003년 4월

부터 12월까지 257일간 5개 수위국 지점을 대상으로 현지조사 및 하천측량을 실시하고, 홍수기 및 평·갈수기에 유량측정을 실시하여 수위-유량 관계식을 유도하였으며, 이를 바탕으로 유출량산정과 유황분석을 실시하였다. 또한 유량측정과 더불어 수질분석을 실시하여 유출량과 오염 부하량의 관계를 유도하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 평·갈수기 신뢰성 있는 수위-유량 관계곡선을 유도하기 위하여 실시간으로 관측되는 수위를 확인(<http://wamis.kowaco.or.kr>)하여 측정지점의 수위를 균형있게 분포되도록 하여 신뢰도 향상을 기할 수 있었다.
- 2) 2003년 홍수기, 평갈수기에 측정한 수위-유량성과를 이용하여 수위-유량관계식을 홍수기, 평갈수기로 나누어 유도하였으며, 표준편차와 상관계수를 검토한 결과 대체로 이차식 형과 지수식 형에 의한 계산치가 실측치에 근접하는 것으로 나타났다.
- 3) 충주댐과 각 수위국 지점에 대하여 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량을 산정하는 등 유황분석을 실시함으로써 지점별 유황을 파악하였고, 이는 남한강 수계의 수자원 평가에 중요한 기초 자료로 활용할 수 있다.
- 4) 금년도에 실측한 첨두유량에 대하여 HEC-RAS에 의해 수리모델링을 실시하였는데, 실측수위와 관측수위 사이에 차이를 나타내고 있었는데 이는 측정단면의 자료가 2001년의 측량결과로서 2002년과 2003년도의 홍수시 하상변동에 의한 영향으로 판단된다.
- 5) 충주댐 유입량의 정확한 산정을 위하여 앞으로 지속적인 수위-유량 측정을 실시하여 자료를 수집 정리하고 이를 분석하여 수위-유량 관계식을 보완함으로써 그 정밀도를 향상시켜야 한다.
- 6) 오염부하량의 측면에서 유량이 가장 많은 최하류 영춘지점이 가장 크게 나타났는데 이는 상류에서 영양염류의 유입농도가 높은 것으로 판단되며, 충주댐 수질에 가장 큰 영향을 미치는 최하류 영춘지점에 대한 집중적인 수질조사 및 분석이 이루어진다면 충주댐의 신뢰성 있는 수질예측이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 한국수자원공사 충주권관리단, 2002 충주댐 일원 수문조사보고서, 2002. 12.
- 건설부, 하천유량자료의 계산, 92. 12.
- 농어촌진흥공사, 수문조사 실무편람, 94. 6.
- S. E. Rantz et al., Measurement and Computation of Streamflow : vol 1, vol 2, U.S. Dept. of Interior, 1982.
- D. A. Maidment et al., Handbook of Hydrology, Chap. 8, p 8.1~8.39, McGraw-Hill Inc., 1993.
- P. B. Bedient et al., Hydrology and Floodplain Analysis, 2nd, p 63~67, Addison-Wesley Pub., 1992.
- V. P. Singh., Elementary Hydrology, p 377~438, Prentice Hall, 1992.
- N. D. Gordon et al., Stream Hydrology, Chap. 5, p 127~214, John Wiley & Sons, 1999.
- HEC, HEC-RAS River Analysis System, User' Manual, Ver. 3.0, Jan. 2001.

녹지환경분과

