갑문조작에 의한 배수영향을 받는 지점의 유량산정 방법

A Method on Discharge Computation of Backwater by Handle of Gate

이충대*, 한학영, 임태은***, 최혁준****, 정성원*****

Chung Dae, Lee, Han, Hak Young, Lim, tae eun, Choi, Hyuk Joon, Jeong, Seong Won

요 지

수자원의 효율적인 관리를 위해서는 홍수량 자료뿐만 아니라 저·평수량의 자료도 매우 중요하며, 이는 최근의 가뭄 발생으로 인하여 용수공급 및 하천수질관리 문제에서 저수위 유량자료의 파악이 중요한 관심 대상이기 때문이다. 이를 위해서는 저수위에 대해 유량측정을 실시하여 유량자료를 확보해야 하며, 이와 더불어 연속적인 유량자료를 얻기 위해서는 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선식이 필수적이다. 일반적으로 자연하천에서 수위-유량관계는 수위의 상승 및 하강에 따라 유량변화가 일정한 경향성을 가지고 변동을 하기 때문에 단일함수 관계로 설명이 가능하다. 하지만 갑문 조작에 영향을 받는 구간에서는 수위와 유량만의 단일함수 관계가 아닌 갑문의 개·폐에 따라 수위와 유량이 변동하는 특성을 가지고 있어 일반하천에 비해 수위-유량관계를 규명하는 것이 매우 어려운 문제이다. 최근에 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler) 및 유속지수법을 이용한 자동유량측정시설이 국내에 도입됨에 따라 저·평수량에 대한 연속측정이 가능하게 되었으나, 측정된 수위-유량자료를 이용하여 수위-유량관계곡선식을 개발하는 것은 아직까지 국내·외를 막론하고 명확히 해결하지 못하는 문제점이 남아 있다.

본 연구는 갑문의 조작에 따라 크게 영향을 받는 저·평수량에 대하여 수위-수면경사-유량관계를 이용한 산정방법과 자동유량측정시설에 의한 유량산정방법에 대하여 비교 검토하였으며, 이를 검증하기 위하여 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)를 이용하여 갑문 개·폐에 따른 연속 측정을 수행하였다. 이와 같은 유량 산정방법과 검증을 통하여 보다 신뢰도가 높은 저·평수량을 산정하는 것이 목적이다.

1. 서 론

갑문조작에 의한 배수영향을 받는 지점의 경우 단순 수위-유량관계곡선을 이용하여 유량을 산정할 경우 부정확한 자료를 제공하게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 수위-유량관계 뿐만 아니라 다른 변수를 사용하여 이를 보정하는 작업이 필요하다. 갑문조작에 의한 배수효과를 받는 지점에서의 특징을 보면 갑문에 폐쇄에 의하여 상류의 수위는 증가하게 되며 따라서 측점에 있어서의 에너지선의 경사 혹은 수면곡선의 경사는 등류수위에서의 경사보다 완만해지고 갑문의 개방시에는 수면저하효과가 생겨 측점에서의 수위는 등류수위보다 낮아지게 되고 경사는 급해 지는 특징을 가지고 있다. 갑문조작에 의한 배수영향을 받는 지점의 경우 단순 수위-유량관계곡선을 이용하여 유량을 산정할 경우 부정확한 자료를 제공하게 된다.

핵심용어 : ADCP, 수위-수면경사-유량관계, 유속지수법, 자동유량측정시설

* 유량조사사업단 유량조사실 연구원 · E-mail : chungdea@kict.re.kr
** 유량조사사업단 유량조사실 연구원 · E-mail : hhy2453@kict.re.kr
*** 유량조사사업단 유량조사실 조사원 · E-mail : ggo78@kict.re.kr
**** 금강홍수통제소 조사과 시설연구사 · E-mail : hjchoi@kict.re.kr
***** 유량조사사업단장 · E-mail : swjung@kict.re.kr

이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 수위-유량관계 뿐만 아니라 다른 변수를 사용하여 이를 보정하는 작업이 필요하다. 갑문조작에 의한 배수효과를 받는 지점에서의 특징을 보면 갑문에 폐쇄에 의하여 상류의 수위는 증가하게 되며 따라서 측점에 있어서의 에너지선의 경사 혹은 수면곡선의 경사는 등류수위에서의 경사보다 완만해지고 갑문의 개방시에는 수면저하효과가 생겨 측점에서의 수위는 등류수위보다 낮아지게 되고 경사는 급해 지는 특징을 가지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 갑문의 조작에 영향을 받고 있는 저·평수량에 대하여 수면경사를 변수로 사용하여 수위-수면경사-유량관계 이용한 산정방법과 자동유량측정시설에 의해 산정된 유량자료를 비교 검토하여 신뢰도가 높은 저·평수량을 산정하는 것이 목적이다.

2. 수위-수면경사-유량관계

1) 자연하천에 대한 속도수두항은 비교적 작으므로 에너지선의 경사는 수면곡선의 경사와 거의 동일하다. Manning의 평균유속공식 (1)식에 의하면 다른 변수의 값이 일정할 때 유량은 수면경사의 평방근에 비례하므로 수면경사가 클때의 유량이 수면경사가 작은 경우의 유량보다 크다

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \tag{1}$$

2) 어떤 관측점에서의 수위가 동일하고 수면경사가 S, S_0로 상이할 때의 두 유량을 각각 Q, Q_0라 하면

$$\frac{Q}{Q_0} = (\frac{S}{S_0})^{1/2} \tag{2}$$

3) 에너지선의 경사 S, S_0를 수면경사와 같다고 가정하면

$$S = \frac{F}{L} \quad S_0 = \frac{F_0}{L} \tag{3}$$

4) 여기서, F, F_0는 기준관측점과 하류로 L만큼 떨어져 있는 보조관측점간의 수면하강고 이다.

$$\frac{Q}{Q_0} = (\frac{F}{F_0})^{1/2} = (\frac{F}{F_0})^{1/2} \tag{4}$$

여기서 m은 지수이며, manning 공식에서 1/2이 되나 두 관측점간의 수면곡선이 반드시 직선을 이룬다고 할 수 없으므로 m은 항상 1/2이 아니고 실측에 의하여 결정해야 한다. 이와 같이 어떤 관측점에서의 수면경사는 수면하강고를 제 3의 변수로 잡아 수위-유량곡선을 얻기 위해서는 기준관측점과 보조관측점을 동시에 운용해야한다. 이 두 개의 관측점은 수면하강고(F)의 관측오차를 줄이기 위해서 충분히 떨어져 있어야 한다.

3. 대상지점

규암 수위관측소는 충남 부여군 규암면 규암리 백제교에 위치하고 있으며, 유역면적은 8,253.4㎢ 이며 하구로부터 53.3㎞ 떨어져 있어 금강 하구둑의 갑문조작에 의한 배수영향을 직접적으로 받고 있다. 수위-수면경사-유량관계를 이용한 유량산정을 위하여 상류 4㎞ 지점에 위치한 백마강교에 보조수위계를 설치하였다. 그림 1은 규암 수위관측소 및 백마강교 보조수위계의 설치 현황을 나타내고 있다.

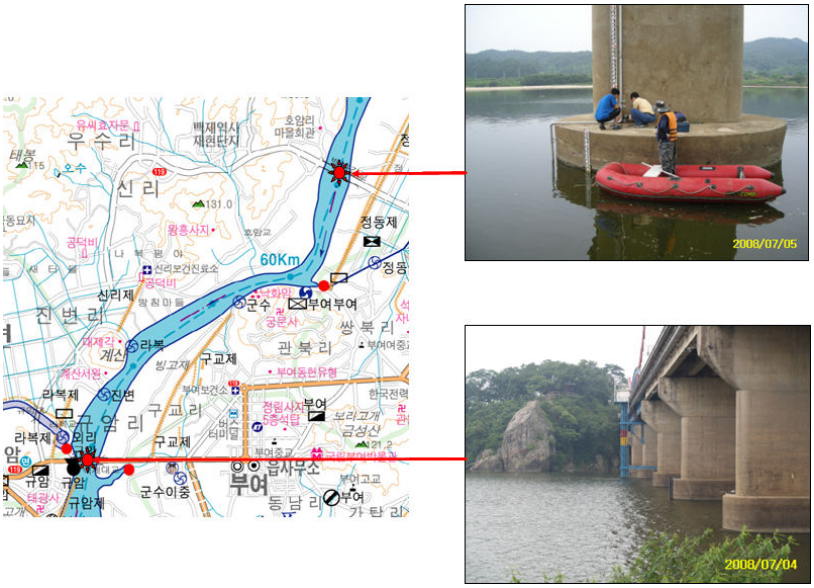

그림1 규암 수위관측소 및 백마강교 수위계 현황

4. 유량산정

4.1 ADCP를 이용한 유량측정

보조 수위계가 가동되기 시작한 2008년 7월 19일 이후에 ADCP를 이용하여 총 60개의 측정성과를 확보하였으며, 표 1은 60개의 측정성과 중 일부분만을 보여주고 있다.

표 1 규암 수위관측소 ADCP를 이용한 유량측정성과표

No.	시작-종료 시간	수위 (m)	수면폭 (m)	단면적 (㎡)	평균 유속 (m/s)	유량 (㎥/s)	측정장비	유속 측선수	목자관 수위 변화	블확 실도	등급
1	08-07-21 12:21 ~ 12:36	1.660	172.6	1324.0	0.547	723.8	ADVM	-	-0.02	-	E
2	08-07-21 14:25 ~ 14:45	1.550	180.2	1350.2	0.507	683.8	ADVM	-	-0.02	-	E
3	08-07-21 14:48 ~ 15:22	1.510	189.8	1404.2	0.481	674.6	ADVM	-	-0.04	-	E
4	08-08-12 13:21 ~ 13:42	1.160	306.4	831.6	0.111	92.2	ADVM	-	0.00	-	E
5	08-08-12 15:13 ~ 15:19	1.070	310.6	803.5	0.313	251.5	ADVM	-	-0.02	-	E
6	08-08-12 15:19 ~ 15:26	1.040	307.3	813.6	0.331	268.9	ADVM	-	-0.04	-	E
7	08-08-12 15:26 ~ 15:32	1.010	317.4	805.2	0.328	264.0	ADVM	-	-0.02	-	E
8	08-08-12 15:33 ~ 15:39	0.990	310.8	798.0	0.343	273.4	ADVM	-	-0.02	-	E
9	08-08-12 15:40 ~ 15:45	0.970	317.6	774.1	0.344	266.2	ADVM	-	-0.02	-	E
10	08-08-12 15:46 ~ 15:52	0.940	311.5	803.1	0.326	261.7	ADVM	-	-0.04	-	E
11	08-08-12 15:53 ~ 15:58	0.920	314.8	788.3	0.319	251.7	ADVM	-	0.00	-	E
12	08-08-12 15:59 ~ 16:05	0.910	316.2	788.6	0.323	254.8	ADVM	-	-0.02	-	E
13	08-08-12 15:06 ~ 16:12	0.890	321.2	730.1	0.334	243.7	ADVM	-	-0.02	-	E
14	08-08-12 16:13 ~ 16:19	0.870	319.6	797.1	0.357	284.2	ADVM	-	-0.02	-	E
15	08-08-12 16:20 ~ 16:26	0.850	325.1	733.5	0.348	254.9	ADVM	-	-0.02	-	E
16	08-08-12 16:27 ~ 16:33	0.820	315.6	732.1	0.337	247.0	ADVM	-	-0.04	-	E

4.2 수위-수면경사-유량관계를 이용한 유량산정

기준관측점에서 유량을 측정할 때마다 수위를 측정하고 동시에 보조관측점까지의 수면하강고 F를 측정하여 F값이 비슷한 것만을 택하여 개략적인 평균수면하강고 F_0을 결정한다. 이와 같이 F_0가 결정되면 측정된 수위-유량관계점을 표시하고 그 점옆에 F/F_0=1인 곡선을 대략 작성한다. 결정된 수위-유량관계곡선으로부터 임의의 수위에 해당하는 조정유량 Q_0를 구할 수 있다. 그림 2는 수위-수면경사-유량관계를 이용하여 산정된 유량값을 나타내고 있다.

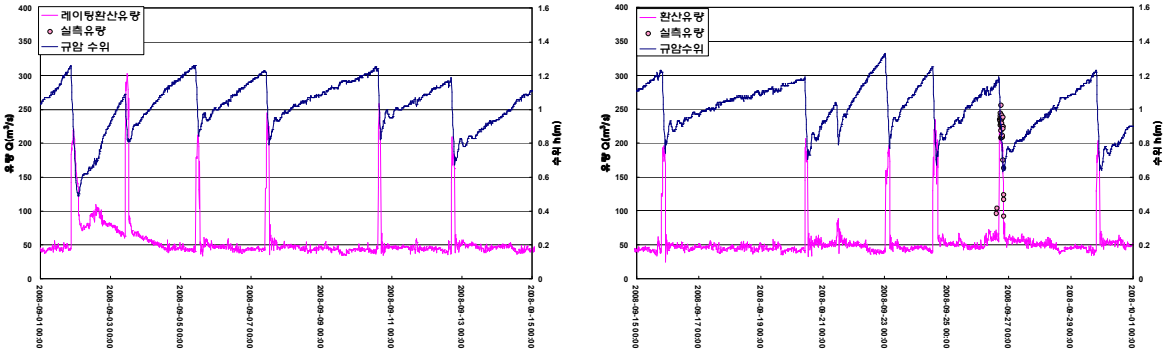

그림 2 수위-수면경사-유량관계를 이용한 유량산정 결과

4.3 자동유량측정시설을 이용한 유량산정

규암 수위관측소에 설치되어 있는 ADVM 방식의 자동유량측정시설은 측정부인 H-ADCP 센서와 수압계, H-ADCP 센서를 일정한 각도로 회전시키는 수중모터로 구성되며 이러한 측정부는 활차에 부착되어 레일을 따라 이동하도록 설치되어 있다. 중계기는 센서를 제어하는 메인 컨트롤러와 컨트롤러 패널 그리고 측정된 데이터를 전송하는 전송장비(CDMA Modem)로 구성되어 있다. 그림 3은 자동유량측정시설을 이용하여 산정된 유량값을 나타내고 있다.

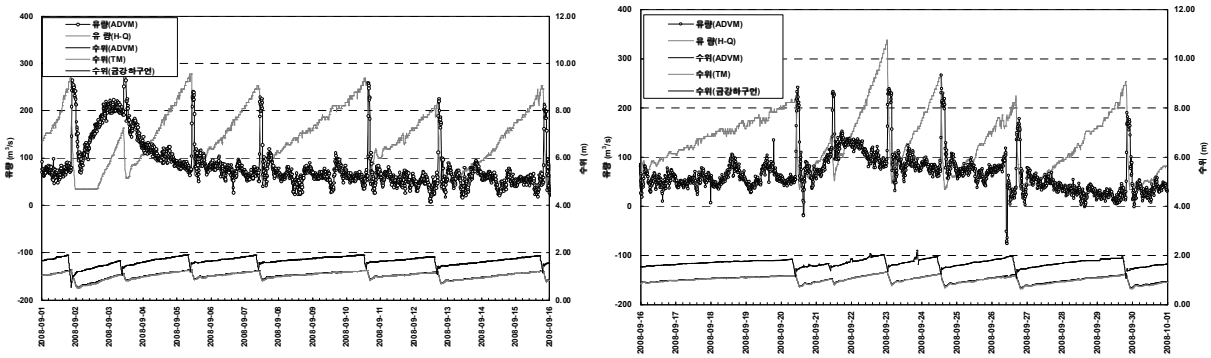

그림 3. 자동유량측정시설을 이용한 유량산정 결과

5. 결론

본 연구에서는 하구둑의 갑문조작에 의해 배수영향을 받고 있는 규암 수위관측소 지점의 2008년 9월 1일 ~ 9월 30일 까지의 ADCP를 이용한 실측유량측정성과와 수위-수면경사-유량관계를 이용하여 산정한 유량 및 자동유량측정성과를 비교 분석한 결과 표 3과 같으며 수위-수면경사-유량관계와 실측유량과의 평균오차는 약 10% 정도로 발생하였고, 자동유량측정성과의 경우 약 49% 평균오차가 발생하였다. 하지만 자동유량측정의 경우는 매 10분마다 유량자료를 산정하고 있어 시간차에 의한 오차 발생이 나타난 것으로 판단된다. 이와 같이 하구둑 갑문조작에 의해 배수영향을 받고 있는 규암 수위관측소 지점에 대하여 수위-유량관계곡선에 영향을 미치는 변수들을 찾아 저·평수량 산정 방법을 새롭게 제안하였다. 그러나 보다 정확한 저·평수량을 산정하기 위해서는 보다 장기간의 연속유량측정자료 및 본 수위관측소와 보조 수위관측소의 안정된 수위자료가 필요하며 장기간에 걸쳐 수집된 관측자료의 면밀한 분석이 요구된다.

표 3. 유량산정 방법에 따른 비교

수위	ADCP를 이용한 실측유량 (m^3/s)	수위-수면경사-유량관계을 이용한 유량산정		자동유량측정시설 유량산정	
		계산값(m^3/s)	ADCP 실측값에 대한 상대오차(%)	계산값(m^3/s)	ADCP 실측값에 대한 상대오차(%)
0.98	226.648	240.543	6.1	137.4	39.4
0.97	233.885	234.048	0.1	158.1	32.4
0.83	235.383	200.476	14.8	135.3	42.5
0.64	221.572	172.864	22.0	67.6	69.4
0.67	117.541	128.889	9.7	41.0	65.1

수위-수면경사-유량관계 평균오차(10.5%), 자동유량측정성과의 평균오차(49.8%)

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 유량조사사업단에서 위탁 시행한 2008년도 유량조사 보고서에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2002), 금강수계하천정비기본계획
2. Fenton & Keller(2001) : The calculation of streamflow from menasurements of stage
3. Herschy(1995) : Streamflow Measurement
4. USGS(1982), Measurement and computation of streamflow