

금강하구둑 갑문조작에 의한 배수영향 지점에서의 유량산정 방법 연구

A Method Study on Discharge Computation of Backwater effect station by Handle of Gate of a Geumgang estuary dyke

이 충 대*, 한 학 영**, 임 태 은***
Chung Dae, Lee, Hak Young, Han, tae eun, Lim

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.

본 연구는 금강 하구둑의 갑문조작에 의하여 배수영향을 받는 규암 수위관측소에 대하여 수위-하강고-유량관계를 이용한 유량환산방법, 수면경사를 매개변수로 추가한 다중 회귀식 개발, 자동유량측정 장치를 이용한 유속지수법, 기존 수위-유량관계곡선식을 이용한 유량환산, ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)를 이용한 유량측정성과에 대하여 비교 분석을 통하여 갑문조작에 의한 배수영향을 받는 지점의 안정적인 유량자료를 제공하는데 목적이 있다. 이와 같이 각 유량환산 방법에 따라 실측 유량과 환산유량 비교의 결과 수위-하강고 유량관계의 경우 평균 26.60%, 기존 수위-유량관계곡선의 경우 130.29%, 유속지수법의 경우 36.48%, 다중회귀식의 경우 24.65%의 상대오차가 발생하였다.

핵심용어 : 하구둑 배수영향, ADCP, 유속지수법

1. 서 론

규암 수위관측소는 하구둑의 갑문조작에 의해 배수영향을 받는 지점으로 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. 갑문 조작에 의한 배수효과를 받는 지점에서의 특징을 보면 갑문의 폐쇄에 의하여 상류의 수위는 증가하게 되며 따라서 측정 지점에서 있어서의 에너지선의 경사 혹은 수면곡선의 경사는 등류수위에서의 경사보다 완만해지고 갑문의 개방시에는 수면저하효과가 생겨 측정 지점에서 수위는 등류수위보다 낮아지게 되고 경사는 급해 지는 특징을 가지고 있다. 갑문조작에 의한 배수영향을 받는

* 정회원 · 유량조사사업단 유량조사실 그룹장
** 정회원 · 유량조사사업단 유량조사실 연구원
*** 정회원 · 유량조사사업단 유량조사실 연구원

· E-mail : chungdea@kict.re.kr
· E-mail : hhy2453@kict.re.kr
· E-mail : ggo78@kict.re.kr

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.

따라서, 본 연구에서는 갑문의 조작에 영향을 받고 있는 저·평수량에 대하여 수면경사를 변수로 사용하여 수위-하강고-유량관계를 이용한 산정방법, 자동유량측정시설에 의해 산정된 유량자료, 수면경사를 매개변수로 추가한 다중회귀식, 기존 수위-유량관계곡선식, ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)를 이용한 유량측정성과에 대하여 비교 검토하여 신뢰도가 높은 저·평수량을 산정하는 것이 목적이다.

2. 대상지점

규암 수위관측소는 충남 부여군 규암면 규암리 백제대교에 위치하고 있고, 자동유량측정장비가 설치되어 있어 실시간 평균유속 자료를 산정하고 있으며, 산정된 평균유속을 이용하여 유량환산이 가능하다. 또한 백제대교에서 4km 상류에 위치해 있는 백마강교에 압력식 수위계를 설치하여 보조 수위관측소의 역할을 하고 있으며, 규암 수위관측소와 보조 수위관측소 사이의 지류 유입이 없어 수면경사를 활용하기에는 적합한 것으로 판단된다.

3. 유량산정

3.1 ADCP를 이용한 유량측정

보조 수위관측소가 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 (m ²) | 평균 유속 (m/s) | 유량 (m ³ /s) | 측정장비 | 목자판 수위 변화 |
|-----|------------------------|--------|---------|-----------------------|-------------|------------------------|------|-----------|
| 1 | 08-07-21 12:21 ~ 12:36 | 1.660 | 172.6 | 1324.0 | 0.547 | 723.8 | ADCP | -0.02 |
| 2 | 08-07-21 14:25 ~ 14:45 | 1.550 | 180.2 | 1350.2 | 0.507 | 683.8 | ADCP | -0.02 |
| 3 | 08-07-21 14:48 ~ 15:22 | 1.510 | 189.8 | 1404.2 | 0.481 | 674.6 | ADCP | -0.04 |
| 4 | 08-08-12 13:21 ~ 13:42 | 1.160 | 306.4 | 831.6 | 0.111 | 92.2 | ADCP | 0.00 |
| 5 | 08-08-12 15:13 ~ 15:19 | 1.070 | 310.6 | 803.5 | 0.313 | 251.5 | ADCP | -0.02 |
| 6 | 08-08-12 15:19 ~ 15:26 | 1.040 | 307.3 | 813.6 | 0.331 | 268.9 | ADCP | -0.04 |
| 7 | 08-08-12 15:26 ~ 15:32 | 1.010 | 317.4 | 805.2 | 0.328 | 264.0 | ADCP | -0.02 |
| 8 | 08-08-12 15:33 ~ 15:39 | 0.990 | 310.8 | 798.0 | 0.343 | 273.4 | ADCP | -0.02 |
| 9 | 08-08-12 15:40 ~ 15:45 | 0.970 | 317.6 | 774.1 | 0.344 | 266.2 | ADCP | -0.02 |
| 10 | 08-08-12 15:46 ~ 15:52 | 0.940 | 311.5 | 803.1 | 0.326 | 261.7 | ADCP | -0.04 |
| 11 | 08-08-12 15:53 ~ 15:58 | 0.920 | 314.8 | 788.3 | 0.319 | 251.7 | ADCP | 0.00 |
| 12 | 08-08-12 15:59 ~ 16:05 | 0.910 | 316.2 | 788.6 | 0.323 | 254.8 | ADCP | -0.02 |
| 13 | 08-08-12 15:06 ~ 16:12 | 0.890 | 321.2 | 730.1 | 0.334 | 243.7 | ADCP | -0.02 |
| 14 | 08-08-12 16:13 ~ 16:19 | 0.870 | 319.6 | 797.1 | 0.357 | 284.2 | ADCP | -0.02 |
| 15 | 08-08-12 16:20 ~ 16:26 | 0.850 | 325.1 | 733.5 | 0.348 | 254.9 | ADCP | -0.02 |
| 16 | 08-08-12 16:27 ~ 16:33 | 0.820 | 315.6 | 732.1 | 0.337 | 247.0 | ADCP | -0.04 |

3.2 수위-하강고-유량관계를 이용한 유량산정

주 수위관측소에서 유량을 측정할 때마다 수위를 측정하고 동시에 보조 수위관측소까지의 수면 하강고 F 를 측정하여 F 값이 비슷한 것만을 택하여 개략적인 평균수면하강고 F_0 을 결정한다. 이와 같이 F_0 가 결정되면 측정된 수위-유량관계점을 표시하고 그 점옆에 $F/F_0=1$ 인 곡선을 대략 작성한다. 결정된 수위-유량관계곡선으로부터 임의의 수위에 해당하는 조정유량 Q_0 를 구할 수 있다. 그림 2는 수위-하강고-유량관계를 이용하여 산정된 유량값을 나타내고 있다.

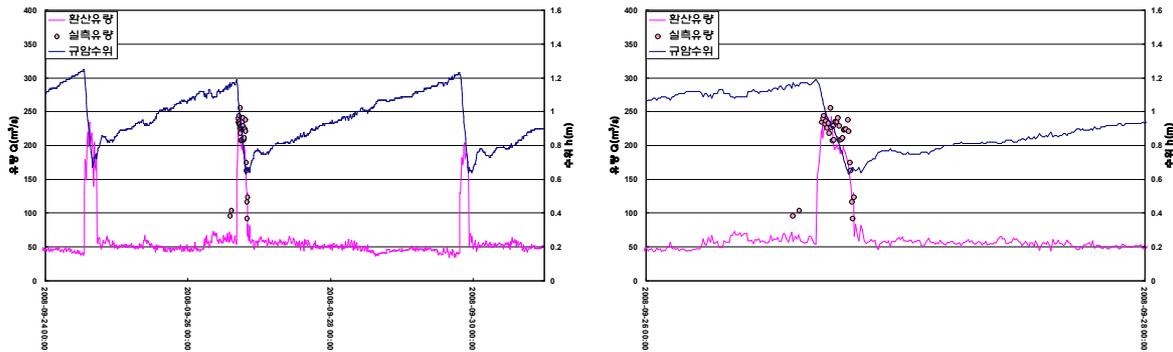


그림 1 수위-하강고-유량관계를 이용한 유량산정 결과

3.3 다중회귀식을 이용한 유량산정

주 수위관측소와 보조 수위관측소 간의 하강고를 매개 변수로 추가하여 다중회귀식을 개발하여 유량환산을 수행하였다. 표 2는 다중회귀식 분석 결과를 나타내고 있으며, 식 (1)은 분석된 결과를 이용하여 개발된 다중회귀식 이다. 그림 2는 개발된 다중회귀식을 이용하여 유량을 환산한 그래프 이다.

$$Q_c = 7283.0891(h + 0.08)^{0.031}(F_m + 0.08)^{1.985} \quad (1)$$

표 2 다중회귀식 분석 결과

| $Q' = a' + \alpha H' + \beta F_m'$ | | | | |
|------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|
| 계수 | 값 | 표준오차 | t 통계량 | P유의확률 |
| a | 7283.0891 | 0.11777 | 32.79549 | 5.59E-55 |
| α | 0.031333 | 0.306092 | 0.102364 | 0.918675 |
| β | 1.985036 | 0.127591 | 15.55776 | 2.43E-28 |
| R^2 | 0.758305 | | | |
| 표준오차 | 0.190535 | | | |
| F비 | 159.4413 | | | |

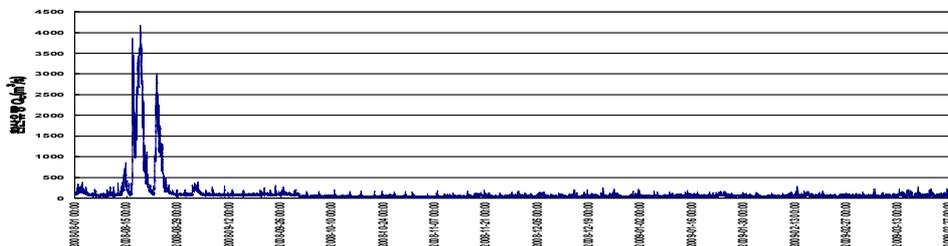


그림 2 다중회귀식을 이용한 유량환산 결과

3.4 유속지수법을 이용한 유량산정

규암 수위관측소에 설치되어 있는 ADVM 방식의 자동유량측정시설은 측정부인 H-ADCP 센서, 수중모터, 수압계, 수위계로 구성되어 있으며, H-ADCP 센서와 수중모터로 구성된 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 V-index 방법을 이용하여 산정된 유량값을 나타내고 있다.

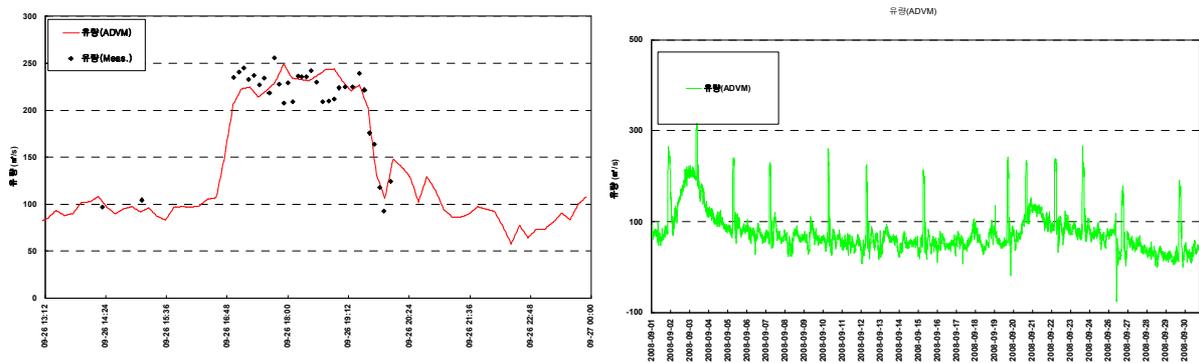


그림 3. 유속지수법을 이용한 유량산정 결과

4. 결론

수위-하강고-유량관계, 다중회귀식, 유속지수법, 수위-유량관계곡선식으로 산정된 유량값과 2008년 9월 1일 ~ 9월 30일 까지의 ADCP를 이용한 실측유량측정성적을 분석한 결과 표 3과 같이 수위-하강고-유량관계의 경우 평균 26.60%, 다중회귀식의 경우 평균 24.65%, 유속지수법의 경우 평균 36.48%의 실측유량에 대한 상대오차가 발생하는 것으로 나타났으며, 기존 수위-유량관계곡선의 경우에는 130.29%로 상대오차가 매우 크게 발생하였다. 단순 수위-유량관계곡선식으로 유량을 환산할 경우 매우 부정확한 유량값을 산정할 수 있으며, 이로 인하여 수자원 관리에 많은 문제들이 발생 할 수 있다. 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 주 수위관측소와 보조 수위관측소의 안정된 수위자료가 필요하며 장기간에 걸쳐 수집된 관측자료의 면밀한 분석이 요구된다.

표 3 실측 유량과 환산유량 비교 결과

| | 하강고 레이팅 | 다중회귀식 개발 | 유속지수법 | 2006년 레이팅 |
|----|---------|----------|--------|-----------|
| 최소 | 0.14% | 0.50% | 0.11% | 0.24% |
| 최대 | 97.56% | 143.41% | 89.96% | 771.62% |
| 평균 | 26.60% | 24.65% | 36.48% | 130.29% |

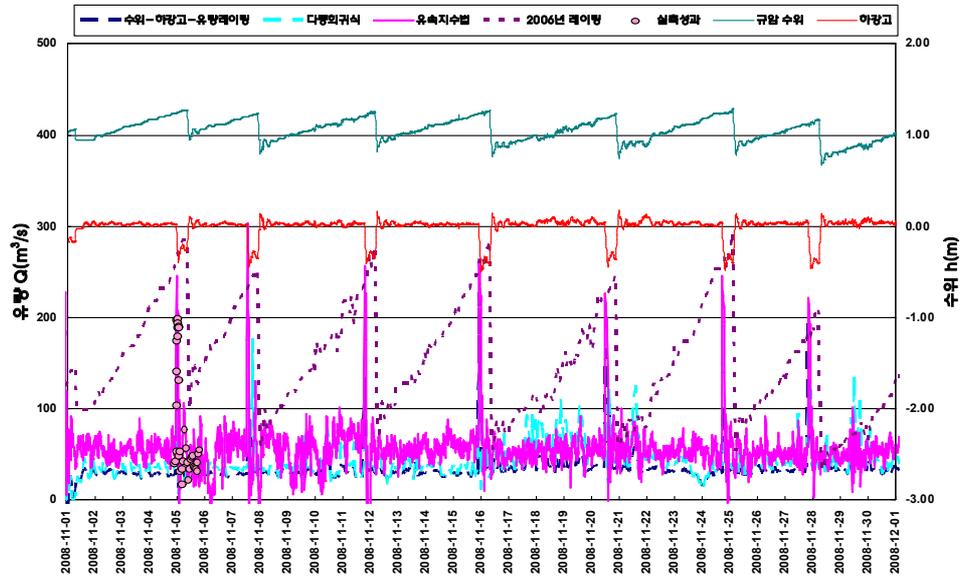


그림 4. 유량환산 방법별 비교

감 사 의 글

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

참 고 문 헌

1. 한국수자원학회 학술발표회(2009), 갑문조작에 의한 배수영향을 받는 지점의 유량산정 방법
2. 건설교통부(2002), 금강수계하천정비기본계획
3. Fenton & Keller(2001) : The calculation of streamflow from measurements of stage
4. Herschy(1995) : Streamflow Measurement
5. USGS(1982), Measurement and computation of streamflow