

낙동강 왜관지점의 갈수량산정에 관한 연구

Evaluation of Drought Discharge at Waegwan Station in Nak Dong River

○서규우* · 김남길** · 구분석**

1. 서론

일반적으로 갈수량은 평균갈수량과 기준갈수량으로 구분하여 사용한다. 평균갈수량은 최근 10개년간의 유황분석에 의하여 작성된 유황곡선상의 355일(97.5%)에 해당하는 유량이다. 즉, 평균갈수량은 빈도로 나타내면 약 2.3년 빈도에 해당한다. 본 연구에서 왜관지점의 갈수량을 산정하기 위해 우선 왜관지점에서 관측된 일수위자료로 수위-유량관계식으로 매년의 일유량을 산정한 뒤, 이들 자료에서 평균갈수량을 분석한다. 일반적으로 상류에 댐과 저수지 같은 유량조절 시설이 설치되어 있는 중대하천에서는 평균갈수량을 기준으로 그 적합성을 검토한다. 이를 위해 왜관지점에 대한 수위자료를 수집하여 갈수위를 추출하고, 이를 검토하여 유량 환산과 갈수량을 산정한다.

왜관지점은 1951년 8월에 최초로 수위표가 설치되어 운영되었으나 본격적인 수위와 유량의 관측은 64년부터 이루어졌다. 수위-유량관계식은 1964년에 작성되기 시작하여 71년, 74년, 79년에 작성하였으며, 그리고 86년에 시스템을 교체하기 위해 식을 새로이 작성한 후 88년부터 그림 1처럼 T/M 시스템이 설치되어 운영되고 있으며, 88년 이후 현재까지 작성되어 있는 상황이다.



그림 1. 왜관지점의 수위표 전경

2. 왜관지점의 수위-유량관계

일반적으로 수위-유량곡선식은 작성을 하는 연도를 포함하여 지난 1~2년의 실측 성과자료를 바탕으로 회귀식을 작성한다. 그러므로 기본 자료로 사용할 수 있는 유량자료가 부족한 경우 왜곡될 여지가 많으며, 특히 갈수위와 같이 적은 유량으로 계산되는 경우에는 더욱 신중할 필요가 있다.

* 동의대학교 토목도시공학부 토목전공 조교수

** 동의대학교 대학원 토목공학과 석사과정

본 연구에서도 원칙적으로는 건설교통부, 홍수통제소에서 작성한 공식적인 수위-유량관계식을 이용하고 해당년도에 없는 경우에는 직전에 만들어진 식을 사용하여 유량을 산정한다. 표 1에서 보는 바와 같이 왜관지점에서 관측기록된 일수위자료를 바탕으로 각 연도에 해당하는 수위-유량곡선식을 이용하여 일유량을 산정한다.

표 1. 낙동강유역 왜관지점 수위관측지점의 수위-유량 곡선식 현황 ('64년 ~ '97년까지)

관측 소명	변경 년월	수위 유량 곡선식		비고	
		수위범위	곡선식		
왜관	64		$Q=109.41h^2-172.832h+72.42$	홍수 예정보	
	71		$Q=112.6(h-1.2)^{1.94}$		
	74		$Q=70.0(h-1.0)^{2.11}$		
	79		$Q=42.006(h-0.772)^{2.5}$		
	86	$h < 0.91$		$Q=0.8247(h+0.94)^{5.2811}$	
		$0.91 \leq h \leq 2.85$		$Q=0.1527(h+1.55)^{5.4848}$	
		$h > 2.85$		$Q=0.42459(h+3.04)^{4.0064}$	
	87	$1.0 < h \leq 7.6$		$Q=30.21(h)^{2.601}$	
	89	$1.0 < h < 8.0$		$Q=12.8048(h+0.50)^{2.8959}$	
	90	$1.0 \leq h \leq 8.0$		$Q=24.8411(h+0.35)^{2.6654}$	
	91	$1.0 \leq h \leq 8.0$		$Q=54.0573(h+0.21)^{2.3153}$	
	93	$0.7 \leq h \leq 8.0$		$Q=39.1802(h+0.44)^{2.3951}$	
	95	$0.21 \leq h \leq 5.95$		$Q=257.89317(h-0.04)^{1.41498}$	
96			$Q=4.25107(h+1.73040)^{3.91521}$	96유량 연보 (적용안함) 95년 식을 적용	

실제로 왜관지점의 경우 표 1에서 보는 바와 같이 70년대의 경우 수위가 1m 이하가 되는 경우 적용이 곤란할 수 있고, 이를 보완하는 과정에서 식들이 변하고 있다. 90년대에 들어 적용식의 수위범위가 1.0m 이상으로 되어 있어 실제 기록된 1.0 이하의 수위의 경우 원칙적으로는 산정이 곤란하나 전년도와 후년도의 경우를 비교하면서 신중히 수위-유량관계식을 연장시켜 산정할 수 있다.

본 연구에서도 이와 같은 방법으로 1.0m보다 약간 작은 값들에 대해 유량을 계산하였다. 97년의 경우에는 제시된 식으로 산정한 유량과 유량연보에 수록된 유량결과값과 일치하였다. 그러나, 96년의 경우 제시된 식으로 산정된 유량값과 유량연보에 수록된 일유량 등의 값이 상당한 차이를 보였다. 그림에서 보는 바와 같이 96년도 수록식만 차이가 크게 나타남을 알 수 있다. 이렇게 산정되는 값은 96년 유량연보에 수록되어 있는 유량값과도 큰 차이를 보이고 있다. 즉 유량연보의 유량값을 식에 대입하여 역순으로 수위를 산정하여 관측수위자료와 비교한 결과 차이를 보임에 따라

96년의 왜관지점의 유량자료는 95년의 수위-유량곡선식을 이용하여 산정하고 여기서 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량을 산정하였다.

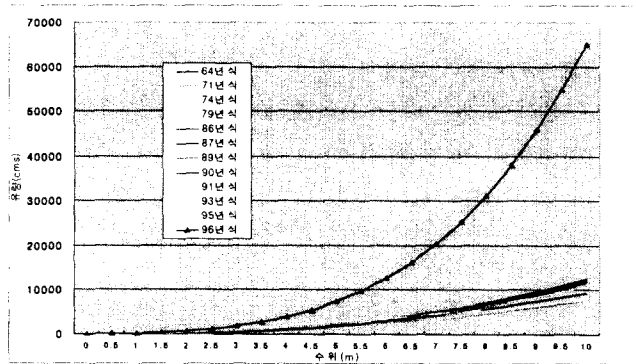


그림 2. 왜관지점의 수위-유량관계곡선식 변화양상(96년식 포함)

결론적으로 건설교통부에서 95년이후 발간하고 있는 유량연보는 결국 수문조사연보에 수록되어 있는 수위자료와 각 지점별 기존의 수위-유량관계곡선식이나 새로이 산정하여 작성하는데, 전 지점을 모두 산정하지 않기 때문에 유량연보의 값을 사용하는데도 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 왜관지점뿐 아니라 고령교지점의 각 연도별 일유량산정을 원래의 방법대로 1997년 최근자료까지 일관성있게 산정을 하고, 다만 유량연보에 수록되어 있는 유량자료의 경우 비교검토하는 방법으로 활용하였다.

한편 1976년의 관측수위자료에서 12월 1일부터 12월 31일까지는 어떤 이유에선지 결측되거나 11월의 수위(1.7~2.0m내외)와 상당히 차이가 나는 0.9m ~ 1.0, 전후로 일률적으로 떨어져 기록되어 있다. 이러한 수위자료는 해당 연도에 적용되는 수위-유량곡선식에서도 적용이 곤란한 상태이다. 그리고 77년 1월 1일로 가면 갑자기 원래의 정상수위인 1.7m로 올라가서 정상적으로 기록이 되어 있는 바, 76년 12월 한달간의 수위자료는 신뢰성이 없는 것으로 판단된다.

3. 왜관지점의 유량산정결과

다음 그림 3은 왜관지점에서의 1988년부터 1997년까지의 최근 10년간 산정된 일유량 결과중 1990년의 그래프이다. 1990년에는 2월에도 많은 비가 내렸으며 4월에서 9월까지 상당히 많은 비가 내린 해였으며, 이로 인한 왜관지점의 통과유량도 상당히 많았던 해였다.

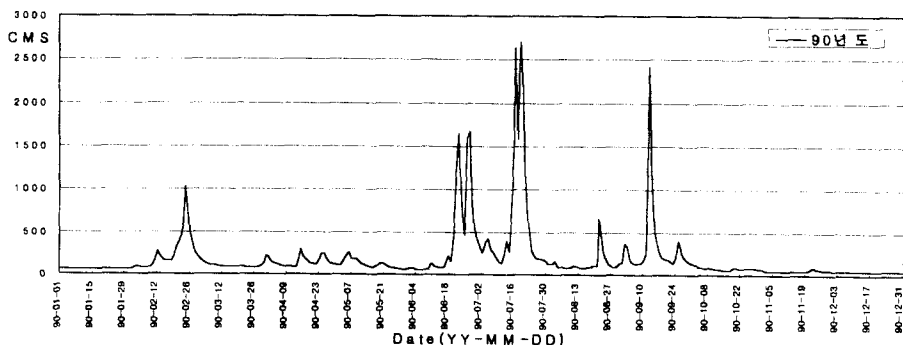


그림 3. 왜관지점 1990년 일유량 산정결과 그래프

4. 유량산정결과의 비교분석

왜관지점의 경우 1971년 이후 1997년까지 28년간의 일수위자료를 사용하였다. 앞 절에서 산정된 최근 10년간의 두 지점 유량자료와 같은 기간에 해당하는 안동댐과 임하댐의 방류량 자료를 이용하여 같은 시기에 대해 동시에 그래프로 나타내고 싶었으나 안동댐방류량 기록이 없는 관계로 1991년부터 1997년까지 기간에 대해 분석하였다.

본 연구에서 관심을 갖고 분석하고자 하는 저유량에서의 안동댐과 임하댐의 방류량과 왜관지점과 하류의 고령교지점을 거치면서의 유황을 보기 위해 200 cms 이하의 유량을 대상으로 하였고, 200cms 이하의 비교그래프중 그림 4~5를 살펴보면 1991년 이후 1997년까지 각 연도별로 상류 댐총 방류량과 왜관지점을 통과하면서의 유량과 금호강유역이 합류하고 난 뒤인 고령교지점에서의 유량이 서로 비교가 되면서 변화양상을 살펴볼 수 있다.

1991년에는 3월에 발생한 구미지역 폐놀누출을 회색시키기 위해 안동댐에서 평소 30cms 전후에서 두배인 60cms 전후로 4~5일 방류하다가 다시 줄어들었으며 그 외는 전기간 40cms 전후의 값으로 안동댐에서 방류를 하였고 왜관과 고령교지점에서 200cms 이상 발생한 일수도 상당히 많은 해였다.

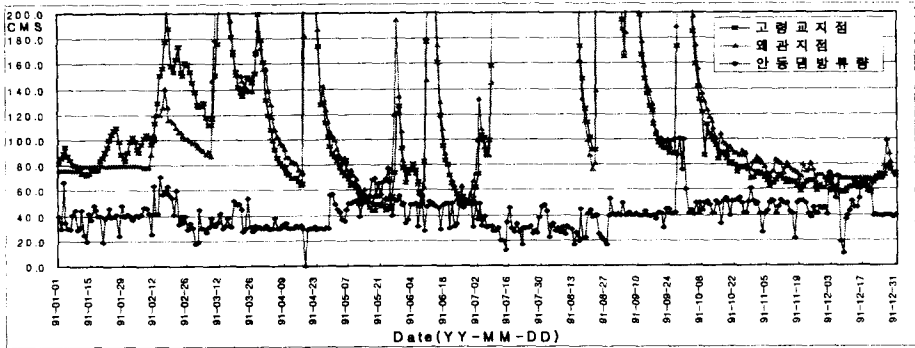


그림 4. 댐총방류량과 왜관, 고령교지점의 1991년 일유량비교(200cms이하)

1997년에는 전반기에는 댐방류량이 20cms에서 40cms 전후로 유지가 되다가 하절기에 180cms 이상으로 방류를 하였다. 후반기에 들어 왜관지점에서의 유량은 댐방류량과 거의 비슷하게 산정되었으나 고령교지점의 유량은 상당히 크게 산정된 결과로 나타났다.

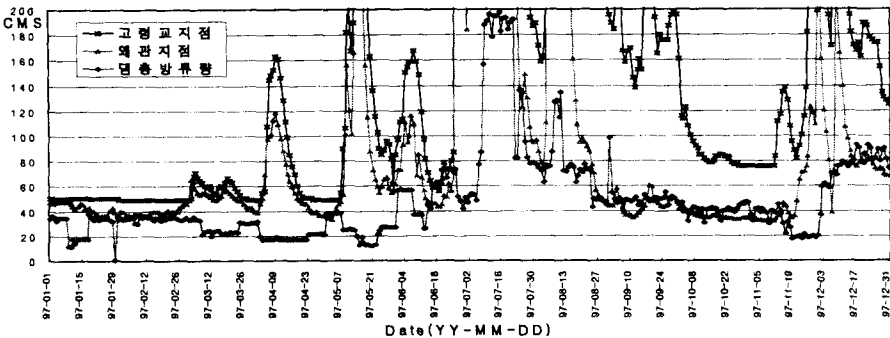


그림 5. 댐총방류량과 왜관, 고령교지점의 1997년 일유량비교(200cms이하)

표 2. 왜관지점의 갈수량 및 유황분석결과 (1971년-1997년)(단위: 수위 m, 유량 cms)

년도	갈수위	저수위	평수위	풍수위	갈수량	저수량	평수량	풍수량
1971	1.53	1.66	1.82	2.18	13.1	25.0	44.5	108.3
1972	1.53	1.58	1.95	2.45	13.1	17.2	64.4	173.6
1973	1.52	1.74	1.89	2.19	12.3	34.1	54.8	110.4
1974	1.57	1.69	1.92	2.39	20.7	31.3	58.4	143.0
1975	1.53	1.86	2.09	2.41	17.7	50.5	84.4	147.5
1976	1.55	1.65	1.80	2.08	19.1	27.49	43.1	82.7
1977	1.60	1.73	1.80	1.99	23.1	35.4	43.1	68.5
1978	1.53	1.74	1.91	2.24	17.7	36.4	57.0	111.6
1979	1.50	1.70	1.88	2.37	19.0	34.8	54.3	135.6
1980	1.52	1.74	1.97	2.37	20.3	38.7	66.0	135.6
1981	1.63	1.76	1.89	2.01	28.6	40.8	55.5	71.6
1982	1.33	1.48	1.66	1.79	9.8	17.7	31.2	43.9
1983	1.16	1.37	1.59	1.92	3.9	11.6	25.4	59.3
1984	1.09	1.35	1.68	2.05	2.4	10.67	33.0	77.6
1985	1.31	1.64	1.76	2.15	8.9	29.5	40.8	93.6
1986	1.16	1.35	1.52	1.67	36.2	52.5	71.7	93.2
1987	1.12	1.20	1.33	1.72	34.3	48.0	63.4	123.8
1988	0.85	1.06	1.17	1.26	19.8	35.2	45.4	55.1
1989	1.00	1.17	1.29	1.58	41.4	56.5	69.1	106.8
1990	0.90	1.05	1.28	1.71	44.2	60.9	91.3	170.3
1991	0.79	0.95	1.05	1.37	54.1	76.2	92.3	155.7
1992	0.59	0.76	0.90	1.02	32.3	50.4	68.8	87.3
1993	0.63	0.78	0.87	1.21	46.1	63.1	74.8	130.0
1994	0.34	0.46	0.72	0.85	21.6	30.4	55.9	72.1
1995	0.15	0.30	0.34	0.49	9.9	35.4	43.7	79.4
1996	0.11	0.22	0.31	0.52	5.1	20.6	37.4	87.4
1997	-0.04	0.04	0.15	0.44	23.0	29.0	38.6	72.6
평균전 기간	1.09	1.26	1.43	1.72	22.1	37.0	55.9	103.6
최근 10년간	0.53	0.68	0.81	1.05	29.7	45.8	61.7	101.7
최근 20년간	0.93	1.11	1.26	1.54	23.9	38.9	55.8	98.1

5. 왜관지점 평균갈수량산정 및 유황분석 결과

왜관지점의 일수위자료를 바탕으로 각 연도에 해당하는 수위-유량관계식을 이용하여 각 연도마다 일유량을 산정하고 이를 각 연도별로 정리하여 크기비교를 실시하였다. 일반적으로 수문해석시 유황분석에서 해당 유역의 유황은 유황변화로 구분하는데, 1년 365일 기준으로 임의지점에서의 갈수량은 355일 이상 해당 수위보다 큰 수위를 가질 때의 유량을 말한다. 다시 말하면 365일을 백분율로 환산하여 내림차순으로 정렬할 때 97.5%에 해당하는 값이다. 같은 방법으로 저수량은 275일 순서에 해당하는 수위의 유량으로 백분율로는 75.3%에 해당하는 값이다. 평수량은 185일에 해당하는 값으로, 50.7%에 해당하는 값이다. 마지막으로 풍수량은 95일 크기에 해당하는 값으로 백분율로는 26.0%에 해당하는 값이다. 본 연구에서도 위와 같이 적용하여 산정한 결과가 다음 표 2와 같다.

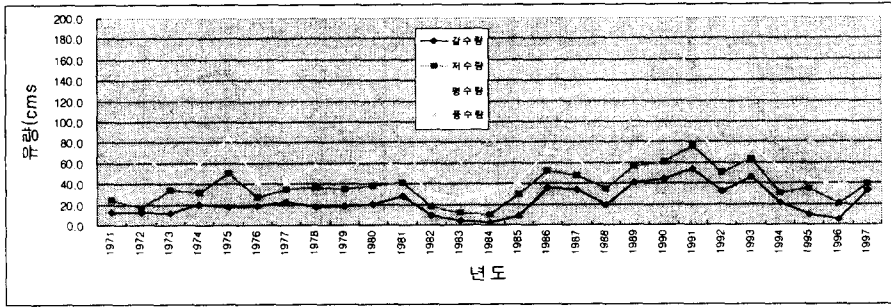


그림 6 . 왜관지점의 전기간 유황현황

그림 6에서 1982년에서 1985년과 1988년, 1994년 저유량 상황을 확인할 수 있다.

그림 6과 같이 산정한 최근 10년간의 값을 포함하여 본 연구에서는 왜관지점에 대해 총 자료 적용 기간인 1971년 이후 1997년까지 확장하여 유량산정에 의한 유황분석 결과를 종합정리하여 표로 정리하면 표 2과 같다.

6. 결론

1971년에서 1997년까지 27년간 전기간에 걸친 왜관지점의 평균갈수량은 22.1cms이며 저수량 37.0cms, 평수량 55.9cms, 풍수량 103.6cms로 산정되었으며, 최근 20년간의 경우에는 평균갈수량이 23.9cms로 나타났으며, 저수량 38.9cms, 평수량 55.8cms, 풍수량 98.1cms 로 산정되었다. 또한 최근 10년간의 자료로는 평균갈수량이 29.7cms, 저수량 45.8cms, 평수량 61.7cms, 풍수량 101.7cms 로 산정되었다. 이 결과를 보면 전기간에 걸친 자료를 이용한 평균갈수량이 가장 적었으며, 다음으로 최근 20년간, 최근 10년간의 값순으로 산정되었다. 자료들을 살펴보면, 1982년부터 1985년까지 극심한 가뭄으로 인해 왜관지점에서의 유량이 10cms 이하로 감소된 것으로 볼 수 있고, 1988년의 가뭄, 1992년~1994년까지의 가뭄현상이 그대로 확인되는 것을 볼 수 있다. 그리고 전반적으로 하상의 저하로 수위가 예전에 비해 상당히 줄어드는 것을 볼 수 있다. 갈수위를 보면 전기간의 경우 1.09m에서 최근 10년간 0.53m, 최근 20년간은 0.93m로 최근에 들어 세굴로 하상이 상당히 저하된 것을 확인할 수 있다. 다른 유량의 유황을 보면 평균저수량의 경우 전기간에 대해 살펴보면 37.0cms, 최근 10년간 45.8cms, 최근 20년간은 38.9cms로 산정되었다. 평균평수량의 경우 전기간에 대해서는 55.9cms, 최근 10년간 61.7cms, 최근 20년간은 55.8cms로 산정되었다. 평균풍수량의 경우 전기간에 대해서는 103.6cms, 최근 10년간 101.7cms, 최근 20년간은 98.1cms로 산정되었다.

참고문헌

- 건설부, 낙동강하천정비기본계획-보완Ⅲ, 1993. 4
- 건설기술연구원, 낙동강유역의 하천유지유량산정방안 연구, 1999.
- 김규호 외 2인, “낙동강유역 갈수량 특성조사 및 산정”, 98대한토목학회학술발표회 논문집, 1998.10
- 한국수자원공사, 낙동강 유역권 용수이용현황조사 자료집, 1993.12
- 한국수자원공사, 낙동강유역조사 보고서, 1990.12
- 한국수자원공사, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용, 1995.5
- 건설교통부 낙동강홍수통제소, 낙동강수계 홍수량측정조사보고서, 1998
- 건설교통부, 유량연보, 1991-1997