

# 지속기간별 갈수유량 계열의 최소, 최대치가 확률 갈수량에 미치는 영향

○김형수<sup>1)</sup>, 서병하<sup>2)</sup>, 정상만<sup>3)</sup>, 문영일<sup>4)</sup>, 강경석<sup>5)</sup>

## 1. 서론

빈도분석은 장래 발생할 수 있는 홍수나 갈수량(low flow)의 크기를 산정하기 위하여 수문분야에서 널리 이용되어 오고 있다. 특히 갈수량 분석은 이론적인 하한치를 표현할 수 있는 3개의 매개변수를 갖는 분포형들이 선호되어 왔으며 이들 중에서도 Weibull(W3)분포와 log-Pearson type III(LP3) 분포가 널리 이용되어 왔었다. 이는 아마도 Gumbel (1954, 1963)과 Matalas(1963)의 연구로부터 시작되었는지 모른다. Gumbel(1954, 1963)은 갈수량 분석을 위하여 W3분포를 이용하였고, Matalas(1963)는 왜곡도와 첨도의 관계 그리고 하한치가 0과 최소치 사이에 존재해야 된다는 근거를 이용하여 W3 분포와 Pearson (P3) 분포를 추천하였다.

그러나 최근의 연구에서 Lawal과 Watt (1996)는 3개의 매개변수를 갖는 분포형들은 추정된 하한치가 비현실적이고, 하한치가 0과 최소치 사이에 존재한다 하더라도 장래의 관측치가 더 크지 않으리라는 보장이 없고, 산정된 하한치는 표본추출 오차에 의한 왜곡도의 영향을 받는다는 것이다. Lawal과 Watt (1996)는 이와 같은 하한치의 제한 조건들을 제시하면서 최소치와 최대치의 존재 여부에 따라 갈수량 계열을 W3 분포에 적합시켜 그 하한치와 통계치들을 비교 분석하였다.

본 연구에서는 지속기간별 갈수량 계열에 대해 여러 확률분포형을 이용하여 적정 분포형을 선정하고, 최소치와 최대치의 존재여부에 따른 통계치와 빈도별 확률 갈수량을 비교해 보고자 한다.

## 2. 분석자료

본 연구에서 이용하고자 하는 자료는 현재 건설 중에 있는 용담댐과 황성댐 지점의

---

1) 선문대학교 건설공학부 전임강사  
2) 인하대학교 토목공학과 교수  
3) 공주대학교 토목환경공학과 부교수  
4) 서울시립대학교 토목공학과 조교수  
5) 인하대학교 토목공학과 박사수료

수위-유량 관계곡선으로부터 계산한 유량을 이용한다. 용담댐 지점의 수위 관측자료는 1963년 1월 1일부터 1997년 12월 31일까지의 35년간의 일자료이며, 황성댐 지점의 자료는 1964년 1월 1일부터 1997년 12월 31일까지의 34년간의 자료를 이용한다.

### 3. 최소, 최대치와 확률갈수량

본 연구에서 갈수 지속기간은 5일, 7일, 10일 30일을 이용하고, 각 지속기간에 따른 빈도별 확률갈수량 산정을 위해서는 2-log normal(LN2), 3-log normal(LN3), 2-Gamma(GA2), 3-Pearson type III (PE3), 3-log Pearson type III (LP3), 3-general extreme value (GEV3), 2-Gumbel(GUM2) 분포형들을 이용한다. 또한 L-모멘트법을 이용하여 각 확률분포형들에 대한 매개변수를 추정한다. 특히, 3개의 매개변수를 갖는 분포형들에 대해서는 각 지속기간별 갈수량 계열중 최소치들을 선택하여, L-모멘트법에 의해 추정된 하한치와 비교한다. 즉, 추정된 하한치가 0과 최소치사이에 존재하지 않을 경우 이 분포형은 선정에서 제외하기로 한다. 그리고 2개의 매개변수를 갖는 분포형들과 3개의 매개변수를 갖는 분포형들중 하한치의 조건을 통과한 분포형들은 K-S와 chi-square 검정을 통하여 그 적합성을 판단한다.

표 1은 분석지점들에 있어서 각 지속기간별 갈수량 계열에 대한 통계치들을 보이고 있다. 원 갈수량 자료와 최소치와 최대치를 제외 시켰을 때의 갈수량 계열의 통계치들을 비교하여 보면, 최대치를 제외 시켰을 때의 왜곡도 변동이 크다는 것을 알 수 있다.

표 1. 각 지속기간별 최소, 최대치를 제외 시켰을 경우의 기본 통계치

		황성지점 지속기간(일)				용담지점 지속기간(일)				
		5	7	10	30	5	7	10	30	
기본 통계 치	원 자료	평균	22.94	32.38	46.91	151.85	19.94	29.01	43.44	167.35
		표준편차	12.53	17.67	25.27	80.49	11.81	17.02	24.46	82.76
		왜곡도	<b>0.87</b>	<b>0.86</b>	<b>0.81</b>	<b>0.72</b>	<b>0.62</b>	<b>0.57</b>	<b>0.55</b>	<b>0.53</b>
		첨도	3.37	3.34	3.28	3.01	2.41	2.26	2.26	2.68
	최 소 치 제 외	평균	23.51	33.20	48.09	155.76	20.37	29.69	44.36	170.84
		표준편차	12.30	17.35	24.78	78.69	11.72	16.88	24.24	81.46
		왜곡도	<b>0.91</b>	<b>0.90</b>	<b>0.86</b>	<b>0.76</b>	<b>0.60</b>	<b>0.54</b>	<b>0.53</b>	<b>0.53</b>
		첨도	3.39	3.37	3.31	3.02	2.39	2.24	2.25	2.70
	최 대 치 제 외	평균	21.94	30.99	44.94	146.32	19.13	27.93	41.82	161.30
		표준편차	11.37	16.09	23.07	75.38	10.98	15.94	22.90	76.02
		왜곡도	<b>0.76</b>	<b>0.77</b>	<b>0.72</b>	<b>0.72</b>	<b>0.55</b>	<b>0.51</b>	<b>0.49</b>	<b>0.35</b>
		첨도	3.23	3.27	3.22	3.20	2.16	2.07	2.07	2.24

다음은 원자료계열과 최소, 최대치를 제외시킨 계열들에 대해 L-모멘트법을 이용하여 각 계열별 매개변수들을 추정하였다. 3개의 매개변수를 갖는 확률분포형에 대해서는 추정된 매개변수로부터 분포형별 하한치를 구한 후 하한치의 제한조건을 이용하여 그 적합성여부를 판별하였다. 또한 2개의 매개변수를 갖는 확률분포형과 하한치의 조건을 만족하는 3개의 매개변수를 갖는 확률분포형은 K-S검정과 chi-square 검정을 통하여 각 지속기간별 적절한 확률분포형을 선정하였다. 이렇게 선정된 확률분포형을 표 2와 3에 나타내었다.

표 2. 횡성댐 지점 갈수량에 대한 적정 확률분포형 선정

지속기간(일)	LN2	LN3	GA2	PE3	LP3	GUM2	GEV3
원 자 료	5						
	7						
	10						
	30						
최 소 치 제 외	5						
	7						
	10						
	30						
최 대 치 제 외	5						
	7						
	10						
	30						

표 3. 용담댐 지점 갈수량에 대한 적정 확률분포형 선정

지속기간(일)	LN2	LN3	GA2	PE3	LP3	GUM2	GEV3
원 자 료	5						
	7						
	10						
	30						
최 소 치 제 외	5						
	7						
	10						
	30						
최 대 치 제 외	5						
	7						
	10						
	30						

표 2와 3을 살펴보면 황성댐 지점의 지속기간별 갈수량에 대한 확률분포형에서는 LN2, GA2, GUM2 그리고 3개의 매개변수를 갖는 분포형에서는 PE3와 LP3가 선정되었다. 그러나 용담댐 지점의 갈수량에서는 3개의 매개변수를 갖는 확률분포형이 적절하지 않음을 알 수 있다. 단지 LP3의 경우 지속기간이 큰 경우에만 적합함을 볼 수 있다.

선정된 확률분포형에 따라 지속기간별, 빈도별 확률갈수량을 산정하였다. 표 4에서는 황성댐 지점의 10일 지속기간에 대한 빈도별 확률갈수량만을 나타내었다. 이는 지속기간별로 선정된 확률분포형이 다르므로 2개와 3개의 매개변수를 갖는 분포형이 동시에 만족될 수 있는 지속기간을 포함한 분포형을 고려하였기 때문이며, 2개와 3개의 매개변수를 갖는 분포형들로부터 추정된 확률갈수량을 비교하기 위한 것이다. 추정된 확률갈수량을 표 4에서 분포형별로 살펴보면 LN2의 경우는 빈도년이 낮을 때 확률갈수량 값이 적고, 빈도가 커질수록 다른 분포형에 비해 확률갈수량 값이 커짐을 알 수 있다. LN2를 제외한 2개의 매개변수를 갖는 분포형 즉, GA2와 GUM2에서는 빈도가 커질수록 3개의 매개변수를 갖는 분포형으로부터 추정된 확률갈수량 값보다 적음을 알 수 있다. 이는 분포형의 특성과 하한치의 영향에 따른 것으로 볼 수 있으며, 또한 확률갈수량을 이용할 수 있는 타당한 빈도를 선별하기 위하여 추정된 확률갈수량들을 비교해보면 30년 또는 50년 빈도가 그 한계로써 적절할 것으로 판단된다. 물론 갈수량 이용의 목적에 따라 그 빈도가 다를 수 있으나 추정된 확률갈수량이 분포형별로 비슷한 값을 갖는 부분을 표 4로부터 살펴보면 판단 할 수 있다.

표 4. 황성댐 지점의 10일 지속기간에 대한 빈도별 확률갈수량 (단위:CMS)

자료	지속기간	분포	빈도 (년)						
			2	5	10	20	30	50	100
원 자 료	10일	LN2	40.4	24.6	19.0	15.4	13.8	12.1	10.3
		GA2	42.2	24.8	18.1	13.6	11.6	9.6	7.5
		GUM2	42.6	25.4	18.1	12.7	10.1	7.2	3.9
		PE3	42.0	24.8	18.2	13.9	12.0	10.0	8.0
		LP3	42.2	25.0	18.5	14.2	12.3	10.4	8.4
최 소 치 제 외	10일	LN2	42.2	26.7	21.0	17.3	15.6	13.8	11.9
		GA2	43.7	26.5	19.5	15.1	13.1	11.0	8.7
		GUM2	43.9	27.0	19.9	14.6	12.1	9.3	6.0
		PE3	42.9	26.4	20.3	16.4	14.7	13.1	11.4
		LP3	43.0	26.9	20.8	16.7	14.9	13.0	10.9
최 대 치 제 외	10일	LN2	39.1	24.3	18.9	15.4	13.9	12.2	10.5
		GA2	40.8	24.6	18.3	14.0	12.1	10.1	8.0
		GUM2	41.0	25.2	18.4	13.5	11.1	8.5	5.4
		PE3							
		LP3	41.3	24.7	18.3	14.1	12.2	10.2	8.2

2개와 3개의 매개변수를 갖는 확률분포형과 최소, 최대치들이 제외되었을 때 추정된 확률갈수량값들을 비교해보면, 최소치를 제외시켰을 경우의 확률갈수량값들이 최대치를 제외시켰을 경우에 비해 원자료 계열로부터 추정된 확률갈수량값과의 편차가 크다는 것을 알 수 있다. 즉, 실제로 표본추출 오차로 인한 확률갈수량값의 변동폭은 최소치를 제외시켰을 경우가 크다는 것을 표 4로부터 알 수 있다. 따라서 실제로 표본추출오차가 발생했을 경우 최대치는 왜곡도에 영향을 주지만 최소치는 확률갈수량 추정에 더 큰 오차를 줄 수 있다는 것을 알 수 있다.

표 5는 용담댐 지점의 30일 지속기간에 대한 빈도별 확률갈수량을 표시하고 있다. 용담댐 지점의 갈수량 계열에 대한 확률갈수량의 특성도 횡성댐 지점과 다르지 않다. 그러나 분포형 선정에 있어서 볼 수 있듯이 3개의 매개변수를 갖는 확률분포형이 부적절하다는 결과가 나왔다.

표 5. 용담댐 지점의 30일 지속기간에 대한 빈도별 확률갈수량 (단위:CMS)

자료	지속기간	분포	빈도 (년)						
			2	5	10	20	30	50	100
원 자 료	30일	GA2	152.6	93.5	70.1	54.2	47.1	39.7	31.8
		GUM2	153.0	95.4	70.9	52.9	44.3	34.7	23.6
		LP3	153.2	94.0	71.1	55.7	48.9	41.8	34.2
최 소 치 제 외	30일	GA2	156.9	98.3	74.7	58.5	51.2	43.6	35.3
		GUM2	156.7	100.0	75.9	58.2	49.7	40.3	29.3
		LP3	157.0	98.8	76.1	60.6	53.7	46.4	38.6
최 대 치 제 외	30일	GA2	148.2	93.0	70.7	55.5	48.6	41.4	33.6
		GUM2	148.0	94.6	71.9	55.3	47.2	38.4	28.0
		LP3	150.0	93.1	70.5	55.2	48.3	41.2	33.6

#### 4. 결론

본 연구의 결과로부터 도출된 결론을 살펴보면 첫째로 횡성댐과 용담댐지점의 일 갈수량 계열의 적정 확률분포형은 3개의 매개변수를 갖는 분포형보다 2개의 매개변수를 갖는 분포형이 적합함을 보였고, 분석 결과로부터 GA2가 가장 적절함을 보였다. 두 번째로 최소, 최대치에 따른 표본추출 오차는 왜곡도에서는 최대치가 영향을 미치고, 확률갈수량값에 있어서는 최소치에 의한 표본추출오차가 크다는 것을 알 수 있었다. 따라서 최대치는 특히 3개의 매개변수를 갖는 분포형의 하한치에 영향을 미침을 알 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 1998년도 한국수자원공사 학술연구비에 의하여 연구되었으며, 한국수자원공사의 지원에 대해 감사드립니다.

## 5. 참고문헌

- Gumbel, E. J. 1954. Statistical Theory of Droughts, ASCE Proceedings, Separate 439.
- Gumbel, E. J. 1963. Statistical Forecast of Droughts, Bull. Int. Assoc. Scientific Hydrol. 8(1):5-23.
- Lawal, S. A. and Watt, W. E. 1996. Non-zero Lower Limit in Low Flow Frequency Analysis?, Water Resour. Bull., 32(6):1159-1166.
- Matalas, N. C. 1963. Probability Distribution of Low Flows, In: Statistical Studies in Hydrology, USGS Professional Paper 434A, Washington, D.C.