

Weibull-3 및 Wakeby분포의 L-모멘트법에 의한 설계갈수량 비교분석

Comparative Analysis of Design Drought Flow by L-Moment in the Weibull-3 and Wakeby distributions

이 순 혁 · 박 종 화 · 맹 승 진 · 류 경 식 · 지 호 근* (충북대)

Lee, Soon Hyuk · Park, Jong Hwa · Maeng, Sung Jin · Ryoo, Kyong Sik · Jee, Ho Keun

Abstract

This study was carried out to derive optimal design drought flows by the Weibull-3 and Wakeby distributions for the annual drought flows series at seven watersheds along Han, Nagdong, Geum, Yeongsan and Seomjin river systems.

L-coefficient of variation, L-skewness and L-kurtosis were calculated by the L-moment ratio respectively. Parameters were estimated by the Methods of L-Moments with continuous duration. Design drought flows obtained by Methods of L-Moments using Weibull plotting positions formula in the Weibull-3 and Wakeby distributions were compared by the Relative Mean Errors(RME), Relative Absolute Errors(RAE) and Root Mean Square Errors(RMSE). It has shown that design drought flows by the Wakeby distribution using method of L-moments are much closer to those of the observed data in comparison with those obtained by the Weibull-3 distribution using method of L-moments

I. 서론

최근에 이상기온으로 인해 자주 발생하는 가뭄과 한발, 그리고 매년 증가하는 용수수요량에 대처하기 위하여 가뭄에 대한 자료를 수집 정비하고 이에 대한 다각적인 해석을 통하여 가뭄시 적극적인 대응방안의 모색이 필요하다. 그러나 현재까지 우리나라는 치수대책을 위한 홍수방재에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나 가뭄시에 농업용수를 비롯한 이수계획을 위한 설계갈수량의 유도에 관한 연구는 거의 전무한 실정에 놓여 있다. 따라서, 본 연구에서는 최근에 설계홍수량의 유도에 자주 이용되는 L-모멘트법을 이용하여 Weibull-3와 Wakeby분포에 의한 확률갈수량의 유도방법의 고찰과 실제 유역에 적용하여 재현기간별 갈수량의 유도를 도출하고 또한 각각의 분포에 대한 결과치를 비교분석하여 도출하므로써 적정 설계갈수량을 판정하여 장차 이수계획을 위한 각종 수리구조물의 기본적인 설계지침을 제시하고자 한다.

II. 기본수문자료와 분석방법

1. 기본수문자료와 유역특성

본 분석에 사용된 대상유역은 7개의 유역으로서 한강수계의 여주, 주천, 낙동강수계의 진동, 금강수계의 규암, 영산강 수계의 나주, 섬진강수계의 송정, 압록을 선정하였으며 각 유역의 극치중 갈수유량으로 매년 갈수치를 분석자료로 사용하였고, 각 유역에 대한 특성으로서 유역면적은 528.80 ~ 20311.30 km^2 의 범위를 나타내고 있으며, 주하천장은 72.00 ~ 432.10 km 에 이르며, 평균폭은 7.34 ~ 47.00 km 이고 형상계수는 0.072 ~ 0.365의 범위를 나타내고 있다.

2. 분석방법

가. 지속기간별 갈수유량 자료 계열 작성

나. L-모멘트비로서 L-변동계수, L-왜곡도, L-첨예도 산정

다. 적용 확률분포모형의 적합도 검정

본 분석에서는 유역별로 L-모멘트법에 따른 Weibull-3 및 Wakeby분포모형에 대한 적합도 검정을 위해 비매개변수 방법인 K-S(Kolmogorov-Smirnov)test에 의해 적합도를 판정한다.

라. L-모멘트법에 따른 Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 지속기간별 매개변수 산정

마. L-모멘트법에 따른 Weibull-3 및 Wakeby분포모형에 의해 유도된 지속기간별 설계갈수량 비교분석

L-모멘트법에 의해 유도된 매개변수를 사용한 Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 빈도별 설계갈수량을 구하고 이들을 실측치의 Weibull 플라팅 포지션법에 의한 것과 비교 분석하기 위하여 상대평균오차(Relative Mean Error, RME), 상대절대오차(Relative Absolute Error, RAE), 제곱평균제곱근오차 방법(Root Mean Square Error, RMSE)을 사용한다.

III. 결과 및 고찰

1. 지속기간별 갈수유량 자료 계열 작성

관측소별 수위자료기간 동안의 일평균 수위를 일평균유량으로 환산하고 이를 월별로 합산함으로써 연도별 월유출고 자료를 정리하였다. 이와 같이 정리된 월유출고 자료로부터 1, 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30개월 지속기간별 갈수유량 자료 계열을 작성하였다.

2. L-모멘트비에 의한 L-변동계수, L-왜곡도, L-첨예도 계산

확률가중모멘트의 선형조합으로서 L-모멘트값을 각 유역별로 구하고 L-모멘트값의 비인 L-변동계수, L-왜곡도, L-첨예도를 계산하였다. 전 유역에 걸쳐 범위는 각각 0.1964 ~ 0.3893, 0.0991 ~ 0.3139 및 0.0754 ~ 0.1963의 범위로 나타내고 있었다.

3. 적합도 검정

L-모멘트법에 따른 Weibull-3 및 Wakeby분포모형에 대한 적합도 판정은 비매개변수 방법인 K-S검정을 이용하였으며 각 유역에 대한 결과는 Table-1과 같다.

Table-1. Kolmogorov-Smirnov test for the Weibull-3 distribution and Wakeby distribution using methods of L-moments

Station	Station	Duration	Weibull-3			Wakeby		
			D_n	$D_{0.05}$	Test	D_n	$D_{0.05}$	Test
Han	Yeosu	2	0.0704	0.1674	○	0.0310	0.1674	○
		6	0.0670	0.1674	○	0.0501	0.1674	○
		12	0.0687	0.2000	○	0.0687	0.2000	○
		18	0.0957	0.2820	○	0.1064	0.2820	○
		24	0.0888	0.3090	○	0.0824	0.3090	○
		30	0.0908	0.3380	○	0.0941	0.3380	○
	Juchon	2	0.0891	0.2348	○	0.0590	0.2348	○
		6	0.0993	0.2348	○	0.0867	0.2348	○
		12	0.1078	0.3090	○	0.0909	0.3090	○
		18	0.1018	0.3250	○	0.0920	0.3250	○
		24	0.1272	0.3880	○	0.1092	0.3880	○
		30	0.0674	0.4110	○	0.0631	0.4110	○
Nagdong	Jindong	2	0.0654	0.1771	○	0.0568	0.1771	○
		6	0.0577	0.1771	○	0.0409	0.1771	○
		12	0.0805	0.2396	○	0.0682	0.2396	○
		18	0.0705	0.2700	○	0.0381	0.2700	○
		24	0.1053	0.3380	○	0.0800	0.3380	○
		30	0.1032	0.3380	○	0.0838	0.3380	○
Geum	Geumam	2	0.0896	0.1637	○	0.0486	0.1637	○
		6	0.0429	0.1637	○	0.0385	0.1637	○
		12	0.1398	0.2099	○	0.0904	0.2099	○
		18	0.1318	0.2550	○	0.1019	0.2550	○
		24	0.1040	0.2720	○	0.0720	0.2720	○
		30	0.1200	0.2950	○	0.0838	0.2950	○
Yeongsan	Naju	2	0.0719	0.1674	○	0.0473	0.1674	○
		6	0.0753	0.1674	○	0.0385	0.1674	○
		12	0.0621	0.2372	○	0.0397	0.2372	○
		18	0.0956	0.2760	○	0.0742	0.2760	○
		24	0.0670	0.3180	○	0.0641	0.3180	○
		30	0.0636	0.3490	○	0.0631	0.3490	○
Seomjin	Songjung	2	0.0582	0.1713	○	0.0455	0.1713	○
		6	0.0752	0.1713	○	0.0522	0.1713	○
		12	0.0839	0.2324	○	0.0470	0.2324	○
		18	0.0950	0.2596	○	0.0776	0.2596	○
		24	0.0998	0.3090	○	0.1057	0.3090	○
		30	0.1330	0.3490	○	0.1196	0.3490	○
	Abrog	2	0.0652	0.1713	○	0.0482	0.1713	○
		6	0.0546	0.1713	○	0.0461	0.1713	○
		12	0.0817	0.1980	○	0.0914	0.1980	○
		18	0.0885	0.2508	○	0.0590	0.2508	○
		24	0.1260	0.3090	○	0.1190	0.3090	○
		30	0.1379	0.3380	○	0.1332	0.3380	○

○ : Significance level can't be acknowledged

× : Significance level can be acknowledged

이상의 결과를 보건데 대상유역 전반에 걸쳐 K-S한계치가 5% 유의수준치보다 작기 때문에 L-모멘트법에 따른 Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 적합도가 인정되었다.

4. L-모멘트법에 의한 Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 매개변수 산정

L-모멘트법에 따른 Weibull분포의 매개변수인 x_0 , α , β 을 구하였고 Wakeby분포의 매개변수인 ξ , α , β , γ , δ 을 구하였다.

5. Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 L-모멘트법에 따른 설계갈수량의 유도

Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 L-모멘트법에 따른 재현기간별 갈수량을 유역별로 구한 결과는 Table-2와 같고 분포모형의 적합도 검정을 위하여 L-모멘트법에 의해 유도된 각각의 설계갈수량을 플로팅 포지션법인 Weibull식에 의해 비초과확률을 구하고 이를 정규확률지상에 도시하였다.

Table-2. Design Drought Flows calculated by Weibull-3 and Wakeby distribution using L-moments at Jindong (Unit: m^3/s)

		재현기간	2	5	10	20	30	50		
		Weibull-3	지속기간	1	3.80	2.46	1.52	0.58	0.022	0.01
2	11.38			7.75	5.49	3.43	2.28	0.89		
4	38.98			23.77	16.46	10.98	8.36	5.58		
6	76.93			45.99	31.83	21.60	19.93	12.00		
9	174.49			106.71	77.12	56.36	46.99	37.36		
12	-			272.66	192.54	127.46	93.73	54.70		
15	-			342.43	244.58	176.70	145.12	111.48		
18	-			439.26	303.05	211.73	168.78	123.82		
21	-			556.08	393.21	282.21	231.84	176.68		
24	-			877.02	611.14	448.71	371.04	284.67		
Wakeby	지속기간	1	3.88	2.25	1.13	0.37	0.082	0.032		
		2	15.33	8.32	5.65	3.00	1.70	0.45		
		4	38.62	22.29	17.07	13.69	11.58	8.74		
		6	77.26	43.18	30.25	23.37	21.01	19.09		
		9	172.54	107.02	77.49	55.91	47.02	39.14		
		12	482.32	272.29	172.70	110.29	87.43	68.38		
		15	-	338.71	237.04	169.63	141.96	117.26		
		18	-	440.69	278.34	194.28	165.85	142.26		
		21	-	555.20	370.53	281.27	247.59	206.23		
		24	-	914.29	589.02	415.90	356.62	303.22		
Jin-dong	Weibull-3	27	-	1006.91	660.46	497.63	429.25	360.00		
		30	-	1090.83	781.99	602.89	520.09	430.37		
		Wakeby	지속기간	27	-	1022.30	653.21	470.29	407.19	355.86
				30	-	1102.43	779.31	568.90	485.60	413.51

Weibull 플로팅 포지션법과 Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 L-모멘트법에 의해 유도된 빈도별 설계갈수량이 비교 분석을 위해 상대평균오차, 제곱평균제곱근오차를 대상유역별로 구한 결과는 Table-3와 같다.

이상의 결과에서 보건데 Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 L-모멘트법에 의해 유도된 설계갈수량과 실측치의 Weibull 플로팅 포지션법에 의해 유도된 설계갈수량과의 상대평균오차, 상대절대오차 및 제곱평균제곱근오차의 비교에서 전 유역에 걸쳐 L-모멘트법에 의한 Wakeby분포모형이 Weibull-3분포모형보다 작게 나타나는 결과를 보여주었다.

Table-3. Relative Mean Errors, Relative Mean Errors and Relative Mean Square Errors calculated by Weibull-3 and Wakeby distributions using Weibull plotting position formula

Distribution	River	Station	Weibull	2	6	12	18	24	30
Weibull	Han	Yeosu	RME	4.21	0.90	1.88	2.71	1.24	2.07
			RAE	11.47	5.02	7.16	7.69	4.55	6.62
			RMSE	0.72	4.86	21.94	32.33	42.90	66.36
		Juchon	RME	21.87	6.44	1.99	3.16	3.04	3.24
			RAE	33.27	19.11	6.39	10.01	6.42	8.39
			RMSE	1.28	39.72	82.86	145.39	177.66	305.15
	Nagdong	Jindong	RME	10.19	0.80	6.46	1.84	2.99	1.64
			RAE	20.06	4.60	16.38	6.88	8.61	4.58
			RMSE	0.57	3.43	1.99	29.73	53.23	47.48
	Geum	Geum	RME	3.95	1.18	2.19	5.13	2.04	2.10
			RAE	12.97	5.56	10.69	11.65	7.49	6.58
			RMSE	1.06	9.45	63.78	68.15	91.65	102.17
	Yeongsan	Naju	RME	1.16	2.40	1.78	2.09	2.04	2.21
			RAE	5.41	11.86	7.18	8.63	6.14	5.73
			RMSE	0.47	8.70	18.84	48.97	46.88	53.17
	Seomjin	Songjung	RME	1.74	1.61	2.81	2.29	3.33	3.14
			RAE	5.84	7.85	8.67	7.22	9.42	9.17
			RMSE	0.42	8.79	21.12	32.80	61.94	74.91
Abrog		RME	0.95	0.97	3.04	2.29	3.24	3.26	
		RAE	4.30	4.79	9.94	8.79	10.20	8.76	
		RMSE	0.35	2.19	28.90	40.75	74.01	95.29	
Wakeby	Han	Yeosu	RME	1.35	0.80	0.99	2.87	1.32	2.13
			RAE	3.50	3.86	4.35	8.83	4.72	6.80
			RMSE	0.25	3.22	17.25	35.55	42.61	66.32
		Juchon	RME	7.25	3.45	1.46	2.47	2.64	3.14
			RAE	13.20	13.01	4.67	7.14	6.10	7.81
			RMSE	0.72	33.05	69.55	121.91	155.46	289.99
	Nagdong	Jindong	RME	6.23	2.00	1.05	0.76	1.97	1.19
			RAE	11.08	5.44	4.01	2.83	5.78	3.45
			RMSE	0.43	2.84	9.87	15.01	39.04	36.46
	Geum	Geum	RME	5.08	0.95	7.86	7.54	1.93	1.48
			RAE	10.14	4.73	13.26	12.46	6.14	4.52
			RMSE	0.16	9.15	39.17	56.10	68.41	80.96
	Yeongsan	Naju	RME	4.22	0.87	1.45	1.71	2.55	3.86
			RAE	7.37	3.98	4.29	6.74	6.62	6.91
			RMSE	0.33	3.62	10.94	37.01	46.77	57.96
	Seomjin	Songjung	RME	0.99	4.22	1.44	1.50	3.19	2.70
			RAE	4.07	9.62	4.90	5.33	8.98	7.62
			RMSE	0.35	6.19	14.40	28.56	59.93	68.80
Abrog		RME	0.61	0.54	1.13	1.36	3.05	2.92	
		RAE	3.16	3.10	4.78	5.37	9.78	8.22	
		RMSE	0.29	2.78	22.44	27.86	73.09	91.57	

표본 예로서 낙동강 수계의 진동유역에 대하여 Weibull 플라팅 포지션법에 의한 설계갈수량과 지속기간이 12개월과 30개월인 Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 L-모멘트법에 따른 설계갈수량의 결과를 정규확률지에 도시한 결과는 Fig. 1과 Fig. 2와 같다.

IV. 결론

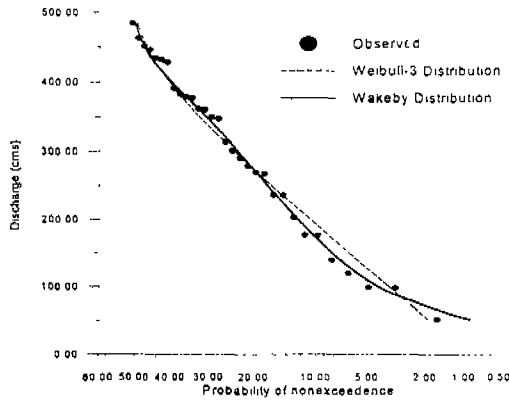


Fig.1. Comparison of design drought flows estimated using L-moments with 12 month duration at Jindong.

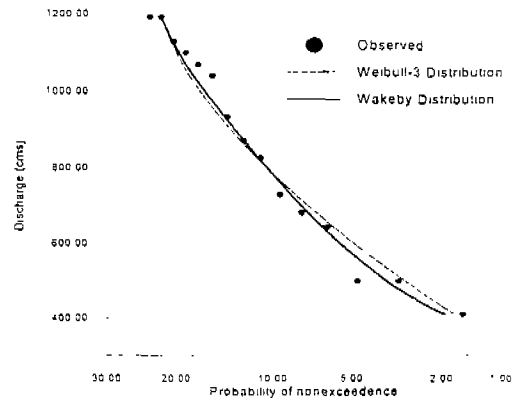


Fig.2. Comparison of design drought flows estimated using L-moments with 30 month duration at Jindong.

본 연구는 한강, 낙동강, 금강, 영산강 및 섬진강 수계의 7개 유역에 대한 갈수유량을 사용하여 이들 자료에 대한 기본통계치를 분석하고, L-모멘트비도에 의한 L-변동계수, L-왜곡도 및 L-첨예도를 구한 후 K-S검정에 의해 각 분포모형의 지속기간별 적합도를 검정하였으며, L-모멘트법에 의해 Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 매개변수를 구하였고 L-모멘트법에 따른 지속기간별 설계갈수량을 유도하였다. 이에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 분포모형의 적합성을 판별하기 위해 K-S검정을 수행한 결과 이의 적정성이 인정되었다.
2. Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 L-모멘트법에 따른 지속기간별 매개변수와 설계갈수량을 각각 유도하였다.
3. Weibull-3 및 Wakeby분포모형의 L-모멘트법에 따른 설계갈수량과 실측치의 Weibull 플로팅 포지션법을 이용하여 구한 설계갈수량간의 상대평균오차, 상대절대오차 및 제곱평균제곱근오차를 비교한 결과 Wakeby분포모형의 L-모멘트법에 의한 설계갈수량이 Weibull-3분포모형의 L-모멘트법에 의한 설계갈수량보다 일반적으로 적정한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 건설교통부, 가뭄기록조사 보고서, 1995. 12.
2. 윤용남, 급수용 저수지 설계를 위한 저유하량의 통계학적 해석에 관한 연구, 한국토목학회지 제20권 제1호, 1972.
3. Hosking, J. R. M., L-Moments : Analysis and Estimation of Distributions using Linear Combinations of Order Statistics, Journal of Royal Statistical Society, Vol. 52 No. 1, pp. 105 ~ 124, 1990.
4. Hosking, J. R. M., Fortran Routines for Use with the Method of L-Moments Version 2, Research Report RC17079, IBM T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York, 1991.