지점평균 및 면적확률강우량에 의한 낙동강유역의 면적감소계수 산정

The Estimation of Areal Reduction Factor in Nakdong river basin by Point Mean and Areal Frequency Based Rainfalls

이기성*, 김상단**, 김홍태***, 홍승진****, 김형수*****

Ki sung Lee, Sang Dan Kim, Hong Tae Kim, Seung Jin Hong, Hung Soo Kim

요 지

수문설계시 설계자들의 주된 관심사는 어떤 한 지점의 강우량보다는 유역 평균강우량에 있다. 그러나 우리가 얻을수 있는 강우량은 특정 지점에 설치된 관측소에서 관측되는 지점강우량이므로 이를 이용하여 유역에 대한 면적평균확률강우량을 산정해야 한다. 그러나 면적평균확률강우량을 산정하기 위해서는 복잡한 자료처리과정을 거쳐야 하며 수문분석시 마다 이러한 과정을 반복한다는 것은 매우 번잡스러운 일이다. 따라서 비교적 산정이 손쉬운 지점평균확률강우량을 사용하여 면적평균확률강우량으로 손쉽게 전환할 수 있는 면적감소계수가 대안이 될 수 있다.

현재 우리나라는 건설교통부에서 제시하고 있는 면적감소계수를 사용하고 있으나, 이는 한강유역의 강우관측소를 이용하여 산정하였기 때문에 이를 한강유역과 지형학적, 수문·기상학적 특징이 상이한 지역에 적용하기에는 많은 제약이 따른다고 생각된다.

본 연구에서는 낙동강 유역을 대상으로 자료계열의 빈도해석을 통하여 기존의 지점평균확률강우량과 면적확률강우량을 산출한 후, 이를 이용하여 지점평균확률강우량을 면적확률강우량으로 전환할수 있는 면적감소계수 회귀곡선식을 산정하였다. 따라서 본 연구에서 제시하는 면적감소계수는 낙동강 유역에 대하여 지점평균확률강우량을 면적확률강우량으로 손쉽게 환산할 수 있는 한 가지 방안이 될 것으로 생각된다.

핵심용어 : 확률강우량, 지점확률강우량, 면적확률강우량, 면적감소계수

1. 서 론

수문설계시 설계자들의 주된 관심사는 어떤 한 지점의 강우량보다는 유역 평균강우량에 있다. 그러나 우리가 얻을수 있는 강우량은 특정 지점에 설치된 관측소에서 관측되는 지점강우량이므로 이를 이용하여 유역에 대한 면적평균확률강우량을 산정해야 한다. 그러나 면적평균확률강우량을 산정하기 위해서는 복잡한 자료처리과정을 거쳐야 하며 수문분석시 마다 이러한 과정을 반복한다는 것은 매우 번잡스러운 일이다. 따라서 비교적 산정이 손쉬운 지점평균확률강우량을 사용하여 면적평균확률강우량으로 손쉽게 전환할수 있는 면적

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 ·E-mail : i971857@kict.re.kr
** 정회원·부경대학교 환경공학과 전임강사·E-mail : skim@pknu.ac.kr
*** 정회원·국립환경과학원 전문위원·E-mail : htkim8@hanmail.net
**** 정회원·인하대학교 환경토목공학부 석사과정·E-mail : hsj810815@nate.com
***** 정회원·인하대하교 환경토목공학부 부교수·E-mail : sookim@mail.inha.ac.kr

감소계수가 대안이 될 수 있다.

본 연구에서는 낙동강 유역을 대상으로 자료계열의 빈도해석을 통하여 기존의 지점평균확률강우량과 면적확률강우량을 산출한 후, 이를 이용하여 지점평균확률강우량을 면적확률강우량으로 전환할수 있는 면적감소계수 회귀곡선식을 산정하였다. 따라서 본 연구에서 제시하는 면적감소계수는 낙동강 유역에 대하여 지점평균확률강우량을 면적확률강우량으로 손쉽게 환산할 수 있는 한 가지 방안이 될 것으로 생각된다.

2. 대상유역 선정 및 강우자료 수집

표 1. 낙동강유역 우량관측소 내역

기상청		고령	9	청도	18
지점	기록년수	길안	18	풍산	18
거창	32	김천	18	함안	18
구미	32	농암	14	현서	18
대구	32	대가	18	화북	18
문경	32	동로	14	**한국수자원공사**	
밀양	32	부항	14	지점	기록년수
산청	32	상북	18	고선	18
영주	32	상주	18	부남	18
영천	32	수산	18	북상	18
의성	32	안계	17	삼가	18
진주	32	왜관	18	석보	18
추풍령	32	용성	18	영양	18
춘양	17	의흥	18	운봉	14
합천	32	일직	13	의촌	18
건설교통부		장천	18	청연	18
지점	기록년수	지보	18	태수	18
가창	18	창녕	18	함양	18

한강유역의 경우 국내 우량관측소 중 비교적 관측밀도가 높은 유역이고 국내최대 유역으로서 면적감소계수에 관한 연구가 많이 이루어져왔다. 그러나, 낙동강 유역의 경우 우리나라 유역 중 두 번째로 큰 유역임에도 불구하고 면적감소계수에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서, 본 연구에서는 우리나라 유역중 두 번째로 큰 낙동강유역을 대상으로 면적감소계수를 산정하고자 한다. 낙동강 유역의 면적감소계수 산정을 위해 사용된 강우지점과 관측년수는 다음 표1과 같으며 본 연구에 사용된 강우자료는 '낙동강 유역종합치수계획 보고서'(건설교통부, 2004)의 자료를 이용하였다. 통상적으로 면적감소계수 산정을 위해서는 동일 기간의 강우자료를 이용하여야 하나 수집된자료의 기록년수를 살펴보면, 기상청 강우관측소의 자료가 32년, 건설교통부와 수자원공사 강우관측소의 자료가 18년으로 자료의 기록년수에 많은 차이를 나타내고 있다.

따라서 관측년수가 비교적 긴 기상청자료를 이용한 면적감소계수와 관측년수가 비교적 짧은 건설교통부와 수자원공사 그리고 이들과 관측년수를 맞춘 기상청자료를 이용한 면적감소계수를 각각 산정하였다. 이때 기상청자료만을 이용한 면적감소계수(이하 'case1')의 경우는 관측소의 갯수가 적어 공간적으로 조밀하지 못하며, 건설교통부와 수자원공사, 기상청자료를 이용한 면적감소계수(이하 'case2')의 경우는 case1보다 관측소의 공간적밀도가 비교적 높다.

3. 소유역별 지점 및 면적확률강우량 산정

수집된 일강우자료와 시간강우자료를 이용하여 각 지점별 임의시간24시간, 48시간에 대한 연최대치 강우량 자료계열을 작성한다. 우리나라의 강우분포를 살펴보면 1년중 6월~9월 사이에 대부분의 비가 내린다. 따라서 6~9월의 강우자료를 이용하여 최대치 계열을 작성해도 될것으로 판단되어 수집된 자료중 6~9월에 해당하는 강우자료만을 사용하여 최대치 강우량 자료계열을 작성하였다.

수집된 강우자료를 이용하여 연최대치 계열을 계산한후 이를 통계분석하여 확률강우량을 얻었다. 확률강우량은 'fard2002'를 이용하여 산정하였고, 재현기간은 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 80,

100, 200, 300, 500년에 대하여 산정하였다. 면적감소계수 산정을 위해 GEV, Gumbel, LN3 확률분포형을 사용하였는데, 적용되는 확률분포함수들에는 각 함수에 따라 매개변수들의 범위나 독립변수의 범위 등 그 함수를 사용하기 위해 필요한 조건이 있는데 매개변수 추정 결과가 이 조건들을 만족하지 못하는 경우 'fard2002'에서는 그 이후의 계산 과정에서 그 확률분포형을 제외하고 계산하게 되어 확률강우량이 0으로 표시된다. 따라서 빈도해석 과정에서 제외되지 않은 GEV, Gumbel, LN3확률분포형을 사용하였다. 모수추정은 일반적인 모멘트법 보다 적은 자료수에 의한 영향을 덜 받으며, 안정적이고, 극대 강우사상이 포함된 자료계열에도 큰 왜곡 특성이 나타나지 않는 확률가중모멘트법을 사용하였다.

4. 면적감소계수 산정

면적확률강우량은 유역내 여러 관측소의 동시간 임의시간 강우자료를 이용하여 면적우량을 산정후 이를 빈도분석하여 산정하나 복잡한 자료처리 과정을 거쳐야 하며 수문분석시마다 이러한 과정을 반복한다는 것은 매우 번잡스러운 일이다. 따라서 비교적 산정이 쉬운 지점평균확률강우량을 면적확률강우량으로 손쉽게 전환할수 있는 면적감소계수의 사용이 대두 되었으며 그 산정절차는 다음과 같다.

1) 유역내 각 관측소별 동시간 강우자료를 수집하여 임의시간24시간 및 임의시간 48시간에 대한 연최대치 강우량 자료계열을 작성한다. 작성된 최대치 계열을 이용하여 분도분석을 실시하여 지점확률강우량을 산정하고 이를 Thiessen 가중평균하여 지점평균확률강우량을 산정한다.
2) 유역별 Thiessen 가중평균을 통하여 임의시간 24시간 및 48시간 면적 강우량에 대한 연최대치 강우량 자료계열을 작성한다. 작성된 자료계열을 빈도분석하여 면적평균확률 강우량을 산정한다.
3) 산정된 지점평균확률강우량과 면적평균확률강우량의 비를 이용하여 면적감소계수를 산정한다.
4) 산정된 면적감소계수를 유역면적-면적감소계수 관계를 회귀분석하여 유역전반에 적용할수 있는 일반적인 면적감소계수 회귀곡선식을 산정한다.

위의 과정을 거쳐 산정된 면적감소계수 회귀곡선식은 다음 표와 같다.

표 2. 재현기간별 면적감소계수 관계곡선식의 매계변수(case1) ARF(A) = a×LN(A) + b [A : 면적(㎢)]

재현기간	매개변수	분포형별 지속시간24시간, 48시간					
		GEV		Gumbel		LN3	
	결정계수	24시간	48시간	24시간	48시간	24시간	48시간
2	a	-0.0245	-0.0177	-0.0243	-0.0184	-0.0255	-0.0178
	b	1.1193	1.0873	1.1151	1.0887	1.1234	1.0885
	결정계수	0.4729	0.439	0.4413	0.4487	0.4257	0.4254
3	a	-0.0281	-0.0216	-0.0283	-0.0226	-0.0309	-0.0221
	b	1.1367	1.1055	1.1347	1.1082	1.1494	1.1083
	결정계수	0.4324	0.4118	0.4099	0.4144	0.4064	0.4077
5	a	-0.0311	-0.0251	-0.0316	-0.0259	-0.0358	-0.0259
	b	1.1501	1.211	1.1505	1.1238	1.1717	1.1256
	결정계수	0.3917	0.3912	0.38	0.3892	0.3778	0.3922
10	a	-0.0339	-0.0286	-0.0346	-0.029	-0.0407	-0.0297
	b	1.1612	1.1362	1.1653	1.1385	1.1937	1.1424
	결정계수	0.3507	0.3668	0.356	0.3703	0.3473	0.3715
20	a	-0.0361	-0.0316	-0.0368	-0.0313	-0.0446	-0.0327
	b	1.169	1.1481	1.176	1.1488	1.2103	1.1552
	결정계수	0.3197	0.3424	0.341	0.3587	0.322	0.3499
30	a	-0.0371	-0.033	-0.0378	-0.0323	-0.0465	-0.0342

	b	1.1725	1.154	1.1812	1.1535	1.2183	1.1615
	결정계수	0.3031	0.3275	0.3347	0.3536	0.3091	0.3379
50	a	-0.0383	-0.0348	-0.0389	-0.0334	-0.0488	-0.0359
	b	1.1763	1.161	1.1864	1.1589	1.2274	1.1686
	결정계수	0.2844	0.3086	0.3277	0.3487	0.2947	0.3227
70	a	-0.039	-0.0359	-0.0396	-0.034	-0.0501	-0.0369
	b	1.1787	1.1651	1.1898	1.1618	1.2328	1.173
	결정계수	0.273	0.2964	0.3245	0.3459	0.2862	0.3135
80	a	-0.0394	-0.0363	-0.0398	-0.0343	-0.0506	-0.0373
	b	1.1797	1.1668	1.1908	1.163	1.2349	1.1746
	결정계수	0.2688	0.2919	0.3228	0.3452	0.2829	0.3098
100	a	-0.0399	-0.037	-0.0402	-0.0347	-0.0514	-0.0379
	b	1.181	1.1694	1.1926	1.1647	1.2381	1.1773
	결정계수	0.2612	0.284	0.321	0.3433	0.2776	0.3038
200	a	-0.0413	-0.039	-0.0412	-0.0357	-0.0537	-0.0397
	b	1.1853	1.1773	1.1976	1.1697	1.2475	1.1846
	결정계수	0.2401	0.2612	0.3155	0.3395	0.2628	0.286
300	a	-0.0421	-0.0401	-0.0418	-0.0363	-0.055	-0.0407
	b	1.1877	1.1815	1.2003	1.1721	1.2526	1.1887
	결정계수	0.2288	0.2486	0.3128	0.3373	0.2549	0.2766
500	a	-0.0431	-0.0415	-0.0424	-0.0369	-0.0565	-0.0419
	b	1.1908	1.1869	1.2031	1.1749	1.2584	1.1935
	결정계수	0.2153	0.2341	0.3097	0.3353	0.2458	0.2654

표 3. 재현기간별 면적감소계수 관계곡선식의 매개변수(case2) ARF(A) = a×LN(A) + b [A : 면적(㎢)]

재현기간	매개변수	분포형별 지속시간24시간, 48시간					
		GEV		Gumbel		LN3	
	결정계수	24시간	48시간	24시간	48시간	24시간	48시간
2	a	-0.0299	-0.0211	-0.0318	-0.0233	-0.0291	-0.0202
	b	1.1351	1.0914	1.1432	1.0991	1.1346	1.0983
	결정계수	0.5269	0.2624	0.6316	0.3354	0.4487	0.2016
3	a	-0.0346	-0.0256	-0.037	-0.0285	-0.0348	-0.0255
	b	1.1617	1.1162	1.1723	1.1277	1.1672	1.1176
	결정계수	0.6056	0.3607	0.6621	0.4536	0.5316	0.277
5	a	-0.039	-0.03	-0.0413	-0.0327	-0.0403	-0.0305
	b	1.1862	1.1395	1.1965	1.1503	1.1968	1.1423
	결정계수	0.6234	0.4549	0.6334	0.5145	0.5609	0.3227
10	a	-0.0441	-0.0352	-0.0452	-0.0366	-0.0465	-0.036
	b	1.2133	1.165	1.2186	1.1714	1.2274	1.1669
	결정계수	0.5889	0.533	0.5927	0.5452	0.5453	0.3308
20	a	-0.0487	-0.0401	-0.048	-0.0394	-0.0518	-0.0407
	b	1.2366	1.1878	1.2343	1.1865	1.2522	1.1864
	결정계수	0.5334	0.5514	0.5622	0.551	0.5084	0.3121
30	a	-0.0512	-0.0429	-0.0493	-0.0407	-0.0546	-0.0432
	b	1.2493	1.2005	1.2416	1.1935	1.2649	1.1963
	결정계수	0.5001	0.5412	0.5484	0.5569	0.4845	0.2976
50	a	-0.0544	-0.0465	-0.0507	-0.0421	-0.058	-0.0461
	b	1.2646	1.2159	1.2495	1.2011	1.2798	1.2079
	결정계수	0.4611	0.5157	0.5338	0.5581	0.4558	0.2793
70	a	-0.0565	-0.0489	-0.0515	-0.0429	-0.0601	-0.048
	b	1.2743	1.2263	1.254	1.2055	1.2886	1.2151
	결정계수	0.4372	0.4964	0.5254	0.5576	0.4376	0.2678
80	a	-0.0574	-0.0499	-0.0518	-0.0432	-0.0609	-0.0487
	b	1.2782	1.2302	1.2555	1.207	1.2921	1.2179
	결정계수	0.4284	0.4882	0.5224	0.5572	0.4308	0.2634
100	a	-0.0588	-0.0515	-0.0523	-0.0436	-0.0623	-0.0499
	b	1.2847	1.2371	1.2584	1.2096	1.2979	1.2222
	결정계수	0.4141	0.475	0.5181	0.5572	0.42	0.2563
200	a	-0.0632	-0.0566	-0.0535	-0.0449	-0.0663	-0.0536
	b	1.3042	1.2583	1.2655	1.2166	1.3146	1.2356
	결정계수	0.3743	0.4347	0.5055	0.5554	0.3895	0.237
300	a	-0.0658	-0.0597	-0.0542	-0.0456	-0.0685	-0.0556
	b	1.3155	1.271	1.2691	1.2202	1.324	1.243
	결정계수	0.3539	0.4137	0.4992	0.5544	0.3739	0.2272
500	a	-0.0692	-0.0637	-0.0549	-0.0463	-0.0713	-0.0581
	b	1.33	1.2873	1.2735	1.2242	1.3353	1.252
	결정계수	0.3309	0.39	0.4928	0.5532	0.3564	0.216

5. 기존연구와의 비교

다음 그림은 논문에서 산정된 면적감소계수와 다른 연구결과에서 얻어진 면적감소계수를 비교한 것이다. 비교한 연구결과는 '한강유역의 면적감소계수 산정, 정종호(2002)', '우량비의 공간적 분포를 이용한 면적우량환산계수의 산정에 관한 연구, 허경회(2001)', '수자원관리기법개발 연구조사보고서 : 제1권 한국확률강우량도의 작성, 건설교통부(2000)'이다.

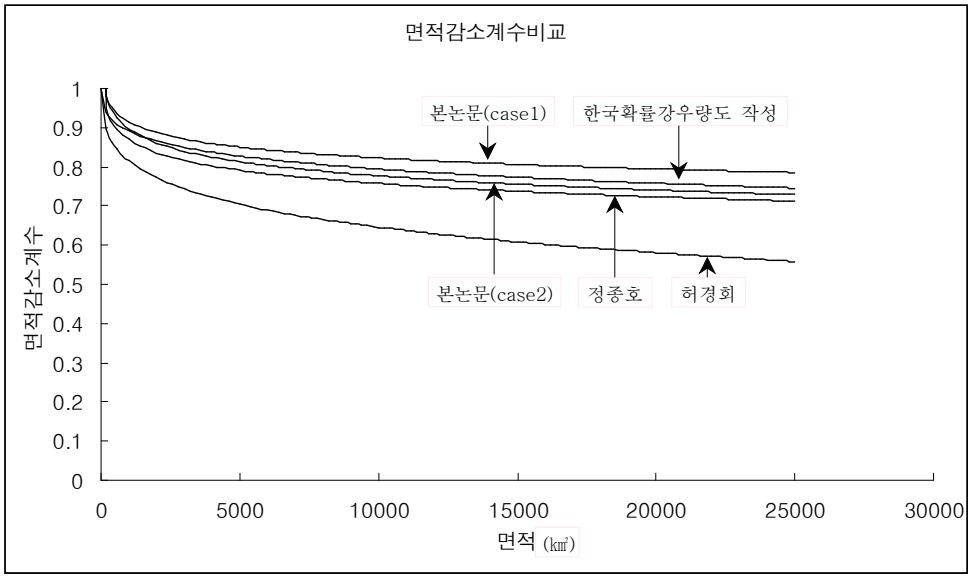

그림 1. 다른 연구결과와의 비교(Gumbel 지속시간24시간)

6. 결론

현재 우리나라에서는 '한국확률강우량도 작성'(건설교통부, 2000)에서 제시하고 있는 면적감소계수를 사용하고 있으나 지속시간 48시간에 대한 언급은 없으며 적용 대상 면적이 5000㎢으로 제한되어 있다. 또한 지금까지의 연구를 살펴보면 강우관측소 밀도가 비교적 조밀하며 관측년수가 긴 한강유역에 대한 연구가 진행되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 두 번째로 큰 유역인 낙동강유역을 대상으로 낙동강 유역의 면적감소계수를 산정하였으며 그 결론을 기술하면 다음과 같다.

(1) 대유역의 확률강우량은 반드시 지점평균확률강우량이 아닌 면적확률강우량을 적용하여야 하며, 이에 따라 확률강우량은 유역면적의 증가에 따라 감소하게 된다.
(2) '한국확률강우량도 작성'(건설교통부, 2000)에서 제시한 면적감소계수와 비교해보면 case1의 경우는 높게, case2의 경우는 낮게 산정되었다. 이는 관측소의 밀도와 자료의 기록년수에 의한 차이에서 오는 것으로 판단된다.
(3) case2의 결정계수가 case1의 결정계수보다 좀더 높게 나왔다. 이는 면적감소계수가 강우자료의 보유기간보다는 우량관측소가 공간적으로 조밀할 때 좀더 좋은 회귀식을 얻을 수 있다는 결론을 얻었으며, 향후 낙동강 유역의 관측소를 좀더 조밀하게 선정하여 면적감소계수를 산정할 경우 좀더 정확한 결과를 얻을수 있을 것으로 판단된다.

건설교통부에서 제시한 면적감소계수는 한강유역의 강우관측소를 이용하여 산정하였기 때문에 이를 한강유역과 지형학적, 수문·기상학적 특징이 상이한 지역에 적용하기에는 많은 제약이 따른다고 할 수 있다. 특히 우리나라와 같이 지형의 변화가 심한 지역에서 지역별 지형학적, 수문·기상학적 고려없이 전국에 걸쳐 동일한 면적감소계수를 이용하는 것은 많은 문제점을 야기할 가능성이 있다고 판단되며, 각 지역별 지형학적, 수문·기상학적 조건을 고려한 면적감소계수에 관한 연구가 이루어져야 할것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부(2000), 수자원관리기법개발 연구조사보고서 : 제1권 한국확률강우량도의 작성
2. 건설교통부(2004), 낙동강 유역종합치수계획 보고서
3. 정종호, 나창진, 윤용남(2002). "한강유역의 면적감소계수 산정", 한국수자원학회논문집, 제35권 제2호, pp.173 ~ 186
4. 허경회(2001). "우량비의 공간적 분포를 이용한 면적우량환산계수의 산정에 관한 연구", 연세대학교, 토목공학과 석사학위 논문