

월 PMP 개념의 적용에 관한 연구

A Study of Adoption on the Concept of Monthly Probable Maximum Precipitation

최한규* 김남원** 최용묵*** 윤희섭****
Choi, Han-Kyu Kim, Nam-Won Choi, Yong-Mook Yoon, Hee-Sub

Abstract

Normally at a flood season the operation of the dam depends on a short range weather forecast that makes many difficulties of the management at a dry season. It is needed to study the pattern of the long period rainfall.

The concept of PMP(Probable Maximum Precipitation) was used for designing dam. From the concept, this study is applied the concept of monthly probable maximum precipitation for operating dam. It can be possible to let us know the appropriateness of a limiting water level at a rainy season. For the operation of dam at a dry season this study can predict roughly the flood season's pattern of precipitation by month or period, therefore the prediction of precipitation can rise efficient operation of a dam

키워드 : 월 PMP, 장기강우, 예측

Keywords : *monthly probable maximum precipitation, long period rainfall, predict*

1. 서론

우리 나라는 1960대 이후 산업화 과정을 거치면서 급격한 공업화와 도시화의 진전 및 인구증가 그리고 생활 수준의 향상 등으로 물의 수요가 현저히 증대시키고 있다. 그 수요량의 안정적인 공급이 필요하는 한편 홍수범람으로 인한 막대한 경제적 손실, 대규모 임명피해 등 대단위의 사회, 경제적 피해에 대비하여 대규모 다목적 댐 개발을 중심으로 수자원 개발이 이루어져 왔다.

하지만 현재에 이르러서는 많은 가뭄과 홍수를 경험하게 되어 수자원의 이·치수에 댐 운영이 중요한 부분을 차지하고 있는 실정이다. 특히 우리나라는 강수량의 2/3가 우기에 편중되어 있는 실정으로 우기기간 동안에 홍수조절용량을 최대한 활용하여 치수에 대비하는 것과 우기가 끝난 후 최대한의 저수량을 확보할 수 있는 이·치수가 동시에 고려된 최적의 댐 운영이 필요하다.

통상 홍수기의 댐 운영은 집중호우로 일시에 유입되는 많은 유량을 저류할 수 있는 충분한 댐의 홍수조절용량의 확보 때문에 실제로는 이수 측면이 고려되지 않고 치수측면에 치중되어 홍수기가 끝난 후 적정 강우량이 없을 경우, 용수공급에 차질을 빚을 뿐만 아니라 다목적 댐의 제 기능을 원활히 수행하지 못하는 경우가 발생되는데 이러한 원인은 예측 불가능한 수문 기상학적인 요인에 기인된다고 볼 수 있다. 한편 홍수기에 저류된 물을 갈수기에는 효율적으로 이용하여 과잉방류가 없으

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사
** 한국건설기술연구원 수석연구원, 공학박사
*** 강원대학교 토목공학과 박사과정
**** 강원대학교 토목공학과 석사과정

며 발전과 용수공급의 최적화를 이룰 수 있도록 하는 것이 댐 운영에 기본 목표가 된다.

그러나 홍수기 댐 운영은 단기예보에 의존하여 운영되고 있는 실정으로 예측 불가능한 호우사상에 의한 장기 강우의 예측이 어려워 댐의 안전 관리 및 홍수조절을 원활히 하기 위하여 저수공간을 최대한로 함과 동시에 홍수기가 지나면 수자원 확보를 위해 저수공간을 최대한로 저류해야 한다는 다목적 댐의 이중 목표에 충족되지 못하고 하류의 홍수와 댐체체의 안전만을 위한 치수의 목적으로 댐 운영이 이루어지게 된다.[1][3][4]

그러므로 예측 불가능한 수문 기상학적인 요인에 기인되어 발생되는 호우에 대비하여 효율적인 댐 운영을 위해서는 월별 또는 기간별 강우예측에 대한 연구가 선행되어야 할 것이고, 또한 저수위에 따른 선행강우와 예측강우의 관계 등에 관한 연구가 필요하다.[1]

본 연구는 기존의 댐 개발 목적으로 연구되어 온 PMP의 개념을 벗어나 댐 운영을 위한 새로운 월 PMP 개념을 도입하여 댐 유역에 대한 월 PMP의 시·공간적인 변화 특성을 분석하고, 또한 홍수기 댐 운영에 적용되고 있는 홍수기 제한수위에 대한 적정성 여부를 검토하여 이에 대한 개선 방안을 제시하고, 홍수시 월 또는 기간별 장기강우의 개략적인 예측 통해 댐 운영조작을 쉽게 함으로써 무효 방류량을 줄여 갈수기에 대비한 댐 저수량을 최대화 하고자 하였다.

2. PMP의 기본개념

2.1 기존의 PMP 개념

가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation : PMP)은 어떤 지역에서 생성될 수 있는 가장 극심한 기상조건하에서 발생 가능한 호우로 인한 최대 강수량을 의미하며 지속기간과 유역면적에 따라 그 크기가 달라진다.

수공구조물의 수문학적 설계를 위한 기본 자료로 자연현상을 충분히 해석하여 결정된 홍수량이 이용된다. 대규모 구조물 설계시 소규모 구조물과는 달리 구조물의 피해가 막대한 경제손실, 대규모 인명피해 등 대 단위사회, 경제적 피해를 낳기 때문에 많은 나라에서는 사실상 초과위험이 없는 홍수량을 기준으로 구조물을 설계한다. 이 홍수량을 가능최대강수량(Probable Maximum Flood)라 한다. 이 경우 가능최대홍수량은 기왕의 홍수량 자료를 이용하여 추정할 수 있지만 계획대상유역에 대규모의 존재유무에 따라 매우 민감하게 추정치가 다르며, 자료의 유무에 따라 상이하기 때문에 대기 잠재 가능한 홍수량을 추정하여 강우 유출관계에 의해 추정한다. 이때 대기의 잠재 가능한 강수량,

즉 가능강수량의 최대한계를 가능최대강수량이라 하며 대규모 수공구조물의 설계강우로 채택하고 있다. 국내 설계 실무에서도 PMP의 중요성을 인식하여 대규모 수공구조물의 설계우량으로 이용하고 있다.

PMP는 기상학적으로 가장 극심한 조건은 대기 중의 가강수 수분량이라든지 구름층의 두께, 바람, 기온 등 호우를 발생시킬 기단의 여러 특성과 지형특성, 계절 및 유역의 위치 등을 복합적으로 분석함으로써 파악되며 이로 인한 호우의 크기는 대기 중의 수분량으로부터 기상학적 방법에 의하거나 과거 발생호우의 극 값을 사용한 통계학적 방법에 의해 추정한다.

2.2 새로운 월 PMP 개념

월 PMP는 호우의 발생원인, 호우 깊이, 지속 기간 등 호우의 특성이 서로 다른 여러 호우사상이 혼합된 형태의 월 강우량에 대해 해당 월 기간 동안에 발생될 수 있는 가능최대강수량으로,

1) 기존 PMP는 댐 설계를 위한 목적으로 이용되어 왔으나, 월 PMP는 댐 운영을 목적으로 도입한 새로운 개념이다.

2) 홍수기 댐 운영에 있어 월별로 추정된 유역 월PMP와 설계 PMP의 비교 분석을 통해 설계 강우 크기의 호우에 대한 발생 가능성 여부를 월별로 판단할 수 있으므로, 홍수기 댐 운영의 적정성 여부에 대한 정보를 제공할 수 있고, 또한 어느 월에 역점을 두고 댐 운영을 해야 하는지에 대한 방향을 제시할 수 있다.

3) 저수위에 따른 선행 강우와 예측 강우의 관계를 통하여 홍수시 월 강우량을 개략적으로 예측할 수 있으므로 댐 운영 조작을 쉽게 할 수 있어 홍수로 인한 무효 방류량을 줄일 수 있게 되므로 댐 저류량을 높일 수 있다.

일반적으로 PMP를 추정하는 방법 중 통계적인 방법은 정상계열의 강수량에 크게 벗어나는 이상치가 발생하면 PMP가 크게 산정 된다는 단점이 있어 일반적으로 잘 사용되지 않고 있다.

하지만 월 PMP를 추정하기 위해 이용되는 월 강우량은 호우의 특성이 서로 다른 여러 호우사상이 월 기간 내에 혼합되어 있는 형태이므로, 하나의 호우사상과 같이 호우의 자연현상에 대한 물리적 이론이나 면적 개념을 근거로 하여 PMP를 추정하는 확정론적 방법(수문기상학적 방법)에 의한 해석은 불가능하다. 그러므로 월 PMP는 과거의 월 강우량 자료들의 평균이나 표준편차 등과 같은 통계치에 의하여 추정하는 통계학적 방법에 의해 해석해야 한다.

3. 대상 유역

본 연구에서는 경기, 강원, 서울 등 수도권의 용수를 공급하는 귀중한 용수원인 소양강댐 유역을 대상으로 새로운 월 PMP 개념을 적용하였다.

소양강 다목적 댐의 유역 내에는 강원도 인제군, 고성군, 양구군, 홍천군, 춘천시가 있으며, 유역 면적은 총 2,703km²이고, 댐 지점의 하상 표고는 약 78m, 하폭이 150m이며 유로 연장은 166.2km이다.

하계 및 동계는 몬순기후로서 12월~3월에는 시베리아에서 발달한 한랭하고 건조한 북서풍이 불어 소양강은 매년 결빙된다. 6월~8월에는 습하고 더운 남동풍 및 남서풍이 지배적이나 때때로 남태평양에서 발생한 폭우를 동반한 태풍으로 인하여 소양강과 한강에 홍수를 야기시킨다. 또한, 강우의 계절적 분포는 태풍의 영향을 받으므로 다양한 연간 강우량의 약 70%가 6월에서 9월 사이에 발생하고 있다.

본 연구에서 이용된 강우 자료는 댐 유역에 산재되어 있는 우량 관측소 중 소양강댐이 준공된 시점(1974년)부터의 강우자료를 보유하고 있는 8개 우량관측소(부평, 서화, 용대, 원통, 인제, 창촌, 추양, 현리)를 대상으로 27년치의 월 강우기록을 이용하였다.

그림 1은 본 연구에서 강우자료를 이용한 소양강댐 유역내의 우량 관측소 현황이다.

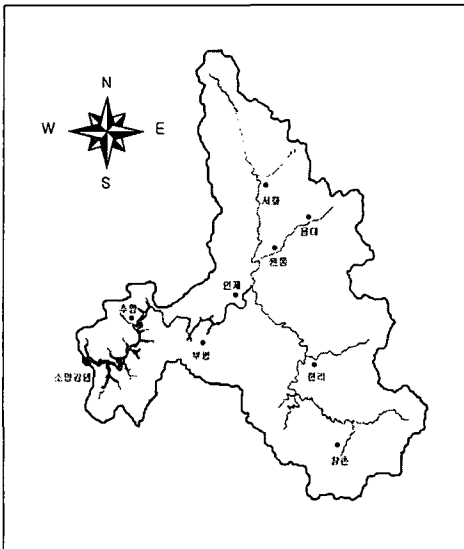


그림 1. 소양강댐 우량관측소 현황

4. 분 석

4.1 월 PMP 산정

4.1.1 지점 월 PMP 산정

소양강댐 유역 내 8개 지점을 대상으로 전 절의 통계학적 방법을 기초로하여 월 PMP를 산정하고, 또한 지점 PMP에 대한 월 PMP 분포도를 작성하여 유역의 월별 PMP의 시·공간적인 분포상황을 검토하였다.

(1) 월 PMP 빈도계수 산정

소양강댐 유역 내 우량 관측지점의 월 강우량 계열로부터 지점별 통계치(평균, 표준편차)를 이용하여 식 (1)의 일반적인 빈도방정식에 적용시켜 각 지점별로 빈도계수를 산정하고 이 중 가장 큰 값을 소양강댐 유역의 월 PMP 빈도계수로 선정하였으며, 그 결과는 표 1과 같다.[5]

$$X_n = \bar{X}_n + K_m \cdot S_n \quad (1)$$

X_n : 월 강우량계열의 최대치

\bar{X}_n : 월 강우량계열의 평균치

S_n : 월 강우량계열의 표준편차

K_m : 통계학적 변수(PMP 빈도계수)

표 1. 월 PMP 빈도계수

월	1월	2월	3월	4월	5월	6월
		3.1	3.3	4.1	3.0	4.0
K_m	7월	8월	9월	10월	11월	12월
	2.5	3.1	3.4	3.4	3.1	3.5

(2) 월 PMP 산정

월 강우량 계열로부터 소양강댐 유역의 지점별 통계치(평균, 표준편차)와 PMP 빈도계수를 Hershfield (1961)가 일반적인 빈도방정식을 개량하여 식 (2)와 같이 제시한 PMP 산정식을 이용하여 월 PMP를 산정 하였다.[6],[7]

$$PMP_n = \bar{X}_n + K_m \cdot S_n \quad (2)$$

PMP_n : 월 가능최대강수량

\bar{X}_n : 월 강우량계열의 평균치

S_n : 월 강우량계열의 표준편차

K_m : 통계학적 변수(PMP 빈도계수)

표 2. 월별 지점 PMP

지점 \ 월	단위 : mm											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
부평	65	83	127	213	367	397	625	709	606	149	126	84
서화	106	115	163	211	365	396	511	812	615	205	156	98
용대	131	124	185	233	361	360	490	815	562	263	153	111
원통	92	111	151	152	345	360	477	794	544	160	139	91
인제	43	101	127	199	365	430	537	843	571	145	122	72
창촌	51	113	134	241	381	449	609	816	614	218	134	73
추양	54	78	115	215	361	435	660	859	574	154	143	75
현리	62	106	131	143	260	361	482	621	520	146	120	78

표 2는 소양강댐 유역 내 8개 우량 관측소 지점을 대상으로 통계치(평균, 표준편차)와 표 1에서 제시한 월 PMP 빈도계수를 식 (2)의 Hershfield에 의해 제시된 PMP 산정식에 적용하여 월별로 추정된 지점 PMP이다.

(3) 월 PMP 분포도

월 PMP 분포도는 소양강댐 유역내의 8개 지점별로 산정된 지점 월 PMP를 이용하여 등강우량 선도의 형태로 월별 PMP 분포도를 작성하여 소양강댐 유역의 월별 PMP의 분포상황을 일목요연하게 나타내고 있다.

그림 2 ~ 그림 4는 소양강댐 유역의 1월, 7월, 10월의 PMP 분포도를 도시한 것으로 월별 PMP의 공간적인 분포 성향은 다음과 같다.

1) 동절기인 1월의 PMP 분포는 높은 산악 지역에 적설량이 많으므로 유역 경계를 이루고 있는 높은 산악지형에 PMP 크게 발생하는 분포 성향을 나타내고 있다.

2) 홍수기간인 7월의 강우형태는 전면에서 호우 전선을 형성하여 서해안을 통과하여 우리나라에 유입되어 북동방향으로 이동하면서 소멸하는 형태이므로 7월 PMP의 분포는 소양강댐 지점에서 유역의 북동방향으로 갈수록 PMP가 감소하는 공간적인 분포를 나타내고 있다.

3) 우리나라의 10월의 강우의 형태가 일반적으로 동해안에 많은 편이므로 PMP의 공간적인 분포 형태는 7월의 PMP 분포 성향과 완전히 다른 형태로 댐 지점으로 갈수록 PMP가 감소하는 공간적인 변화를 보이고 있다.

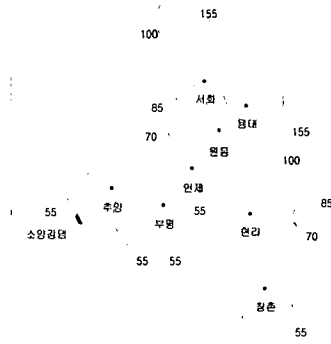


그림 2. 1월 PMP 분포도

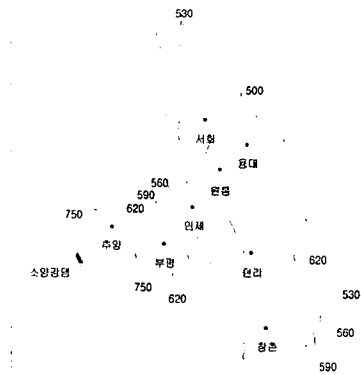


그림 3. 7월 PMP 분포도

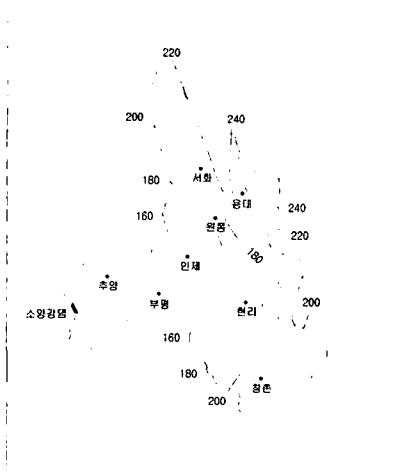


그림 4. 10월 PMP 분포도

4.1.2 유역평균 월 PMP의 산정

(1) 월 PMP 산정

전 절에서 산정된 지점 월 PMP를 Thiessen법에 의하여 유역평균 PMP를 산정하였으며 그 결과는 표 2와 같다.

표 3. 유역평균 월 PMP

단위 : mm

월	1월	2월	3월	4월	5월	6월
	74	105	141	200	345	400
	7월	8월	9월	10월	11월	12월
PMP	549	775	577	181	137	84

(2) 월 PMP의 비교분석

홍수기 소양강댐의 운영은 관리규정에 의거하여 지속시간 48hr의 PMP 690mm에 의해 계획 홍수위를 설정하여 홍수 기간인 6월 21일부터 9월 20일까지 홍수기 제한수위를 EL.190.3m로 설정되어 있으나 최근 큰 호우로 인하여 잠정적으로 홍수기 제한수위를 EL.185.5m로 설정하여 댐을 운영하고 있다.[2]

산정된 유역평균 월 PMP의 결과를 토대로 설계 PMP를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 8월 PMP는 설계 PMP 690mm보다 크게 산정되었다. 이는 8월 기간에는 설계 PMP 규모의 호우가 발생될 수 있으므로 홍수기 제한수위에

의해 저수지를 운영을 하는 것은 적절한 방법이다. 또한 홍수 기간 중 8월에 큰 호우가 발생할 가능성이 높으므로 8월 댐 운영에 신중을 기해야 할 것이다.

2) 6월, 7월, 9월 PMP는 소양강댐 유역 설계 PMP 690mm를 넘지 않는다. 즉 6월, 7월, 9월 기간 동안에는 설계 PMP 690mm 크기의 호우가 발생되지 않는다는 것이다. 다시 말해 6월, 7월, 9월 기간 동안에 저수위가 홍수기 제한수위 EL.185.5m를 넘더라도 계획홍수위에 육박하는 호우가 발생되지 않으므로 여수로 방류를 통하여 인위적으로 저수위를 낮출 필요가 없다는 것이다.

3) 6월, 7월, 9월 기간에도 설정된 홍수기 제한수위를 적용하여 댐을 운영한다는 기준에 너무 엄매어 귀중한 수자원을 낭비하는 셈이므로 월별 홍수기 제한수위를 일률적으로 설정하여 댐을 운영해야 할 필요가 있다고 사료된다.

4) 특히 8월, 9월의 댐 운영이 갈수기 용수공급에 중요한 열쇠임을 고려한다면 9월의 댐 운영을 홍수기 제한수위 EL.185.5m를 그대로 적용한다는 것은 다목적 댐의 기본 취지에 부합되지 못하므로 홍수기 제한수위를 재 설정하여야 한다.

4.2 누가 PMP 산정

4.2.1 지점 누가 월 PMP

소양강댐 유역 내 8개 지점을 대상으로 기준 시점을 1월로 하여 누가시켜 누가 월별 지점 PMP를 산정하였고, 또한 지점 누가 월 PMP에 대한 누가 월 PMP 분포도를 작성하여 누가 월 PMP의 시·공간적인 분포상황을 검토하였다.

(1) 누가 월 PMP 빈도계수

누가 월 PMP 빈도계수는 월 PMP 빈도계수의 산정 방법과 같이 누가 월 강우량의 평균과 표준편차를 이용하여 식 (1)에 적용해 산정 하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.

표 4. 누가 월 PMP 빈도계수

누가월	1월	2월	3월	4월	5월	6월
	3.1	2.6	2.8	2.6	3.3	3.0
	7월	8월	9월	10월	11월	12월
K_m	2.7	2.3	2.9	2.9	3.0	3.1

(2) 누가 월 PMP 산정

누가 월 PMP는 월 PMP와 같은 방법으로 소양

강댐 유역 내 8개 지점을 대상으로 PMP 산정식 식 (2)와 누가 월 강수량의 평균과 표준편차와 표 4의 누가 월 PMP 빈도계수를 이용하여 누가월별

로 지점 PMP를 산정하였다.

누가월별 지점 PMP의 산정 결과는 표 5와 같다.

표 5. 누가월별 지점 PMP

단위 : mm

누가월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
부평	65	111	185	292	583	806	1218	1456	2012	2020	2071	2086
서화	106	154	240	328	580	850	1173	1405	1846	1848	1926	1946
용대	131	178	275	369	610	831	1092	1414	1811	1841	1921	1966
원통	92	141	220	280	515	740	1022	1327	1783	1800	1875	1904
인제	43	97	160	251	482	754	1071	1388	1841	1861	1931	1955
창촌	51	111	183	301	545	801	1224	1461	1920	1934	1993	2018
추양	54	96	165	272	516	767	1170	1449	1892	1916	1968	1981
현리	62	115	183	244	405	633	953	1211	1627	1650	1714	1740

산정된 누가 월 PMP의 변화 양상을 살펴보면 10, 11, 12월 누가 월 PMP는 9월 누가 PMP와 거의 유사한 값을 갖음을 알 수 있다. 이는 10, 11, 12월의 강우량이 누가 PMP산정에 있어 크게 영향을 주지 못하므로 10, 11, 12월의 누가 PMP는 PMP로써 큰 의미를 갖지 못한다고 할 수 있다. 그러므로 소양강댐 유역의 누가 월 PMP의 산정은 실제로 9월말까지 누가하여 산정해도 무관하다고 할 수 있다.

지점별로 산정된 지점 누가 월 PMP를 이용하여 등강우량선도의 형태로 누가월별 PMP 분포도를 작성하였다.

그림 5 ~ 그림 7은 누가월별로 산정된 지점별 PMP를 이용하여 소양강댐 유역의 5월, 9월, 12월의 누가 PMP 분포도를 나타낸 것으로 약간의 변화는 있으나 전반적으로 누가 월 PMP의 분포 형태가 현리지점으로 갈수록 PMP가 감소하는 공간적인 분포 형태를 나타내고 있다.

(3) 누가 월 PMP 분포도

누가 월 PMP분포도는 소양강댐 유역내의 8개

특히 10, 11, 12월 누가 PMP는 9월 누가 PMP와 큰 변화가 없으므로 12월의 누가 월 PMP분포가 9월의 누가 PMP 분포와 동일한 공간적인 변화가를 나타내고 있다.

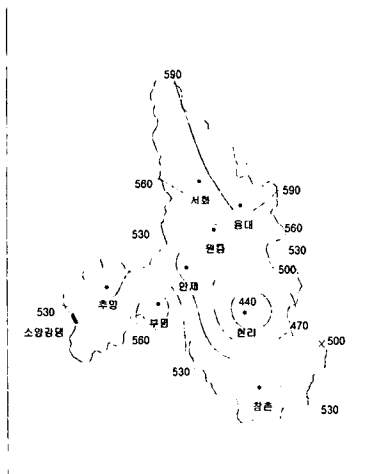


그림 5. 누가월 PMP 분포도(1~5월)

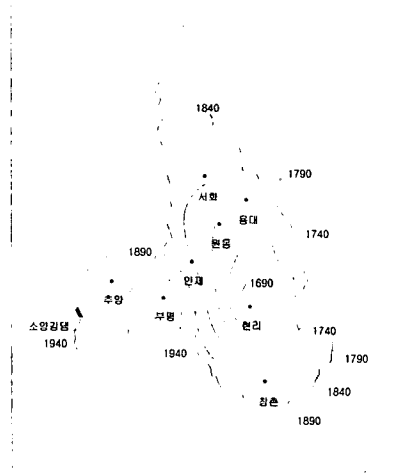


그림 6. 누가월 PMP 분포도(1~9월)

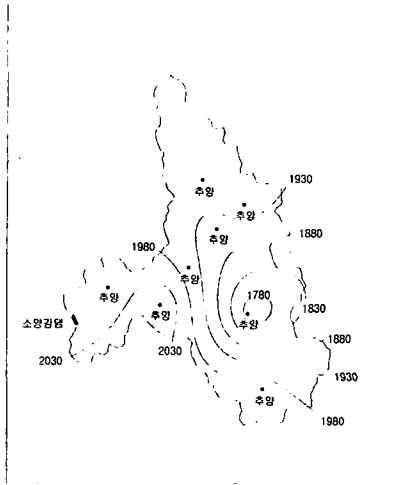


그림 7. 누가월 PMP 분포도(1~12월)

4.2.2 유역평균 누가 월 PMP 산정

소양강댐은 수도권 용수공급의 중요한 공급원으로 댐 운영에 있어 홍수기에 갈수를 대비하여 저수지를 운영하지 않으면 용수공급에 차질을 빚게 된다. 특히 8월과 9월의 댐 운영이 갈수기의 용수공급에 중요한 열쇠임을 고려한다면 이 기간동안의 월 강수량을 개략적으로 예측하여 댐 운영 조작을 매우 쉽게 할 수 있어 갈수기를 대비한 저수지 운영에 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다.

그러므로 본 연구에서는 선행강우에 의해 9월의 강수량을 개략적으로 예측할 수 있도록 9월을 기준으로 누가 시켜 유역평균 누가 월 PMP를 산정하였으며, 그 결과는 표 6과 같다.

표 6. 유역평균 누가 월 PMP

단위 : mm

누가월	8~9월	7~9월	6~9월	5~9월
	938	1251	1539	1667
K_m	4~9월	3~9월	2~9월	1~9월
	1717	1749	1786	1830

4.3 누가 별 예측에 의한 PMP 산정

누가별 예측에 의한 PMP는 예측 누가강우에 대한 정보를 선행 누가강우에서 제공한다는 점을 고려하여 관측된 누가 강우량간의 함수적 관계에 의해 산정된 예측강우량의 회귀식과 이 회귀식에 의해 추정된 강우량의 관측오차가 갖는 극치 값에 의하여 추정된 PMP이다.

4.3.1 산정 절차

- 1) 누가 강우량에 대한 지점별 강우 예측 회귀식을 산정한다.
- 2) 지점별로 산정된 예측 회귀식에 대한 관측 오차 즉, 회귀식에 의해 추정된 강우량과 실측 강우량간의 편차인 잔차를 산정한다.
- 3) 지점별로 산정된 잔차에 대하여 빈도계수법에 의하여 각 지점별 극치빈도계수를 산정하여 유역평균 극치 빈도계수를 구한다.
- 4) 소양강댐 유역의 평균 우량으로 유역평균 회귀관계식을 추정한다.
- 5) 유역평균 극치 빈도계수를 유역평균 회귀관계에 의한 잔차의 통계치에 적용하여 극치계수를 산정한다.
- 6) 유역평균 회귀식에 극치계수를 적용하여 유역평균 PMP를 산정한다.

4.3.2 PMP 산정

본 연구에서는 갈수기에 대비한 홍수기의 효율적인 댐 운영을 위하여 8월의 누가강우량과 9월의 누가강우량의 상관 관계에 의한 예측 회귀식을 산정하고, 이 회귀식에 의한 관측오차의 극치 값을 회귀식에 적용하여 9월의 누가 월 PMP를 산정하였다.

(1) 극치 빈도계수 산정

소양강댐 유역내 각 지점별로 산정된 회귀식에 의하여 추정되는 강우량과 관측 강우량과의 편차, 즉 잔차를 이용하여 일반적인 빈도방정식에 기초하여 지점별 극치 빈도계수를 산정하고 이 중 가장 큰 값을 소양강댐 유역의 극치 빈도계수로 하였다.

산정된 누가별 극치 빈도계수는 표 7과 같다.

표 7. 누가별 극치 빈도계수

선행강우	1~8월	2~8월	3~8월	4~8월
예측강우	1~9월	2~9월	3~9월	4~9월
극치빈도계수	3.2	3.2	3.2	3.3
선행강우	5~8월	6~8월	7~8월	8월
예측강우	5~9월	6~9월	7~9월	8~9월
극치빈도계수	3.2	3.3	3.4	3.4

(2) 유역평균 회귀식 산정

유역평균 우량에 의하여 누가별로 유역평균 회귀식을 산정하였으며, 그 결과는 표 8과 같다.

표 8. 유역평균 회귀식

선행강우	예측강우	유역 평균 회귀식	결정계수
1~8월	1~9월	$P_{1-9} = -4.1 + 1.16 P_{1-8}$	0.77
2~8월	2~9월	$P_{2-9} = -9.1 + 1.17 P_{2-8}$	0.77
3~8월	3~9월	$P_{3-9} = -15.1 + 1.18 P_{3-8}$	0.76
4~8월	4~9월	$P_{4-9} = -12.9 + 1.18 P_{4-8}$	0.76
5~8월	5~9월	$P_{5-9} = -0.6 + 1.18 P_{5-8}$	0.76
6~8월	6~9월	$P_{6-9} = 45.4 + 1.14 P_{6-8}$	0.74
7~8월	7~9월	$P_{7-9} = 70.8 + 1.12 P_{7-8}$	0.69
8월	8~9월	$P_{8-9} = 138.8 + 0.98 P_8$	0.58

(3) 극치계수 산정

누가별로 산정된 유역평균 회귀식에 의한 잔차는 평균이 0이므로 잔차의 표준편차와 표 7에서 산정된 극치 빈도계수를 이용하여 식 (2)의 PMP 산정식에 기초하여 누가별 극치계수를 산정 하였으며, 그 결과는 표 9와 같다.

표 9. 누가별 극치계수

선행강우	1~8월	2~8월	3~8월	4~8월
예측강우	1~9월	2~9월	3~9월	4~9월
극치계수	386	385	396	396
선행강우	5~8월	6~8월	7~8월	8월
예측강우	5~9월	6~9월	7~9월	8~9월
극치계수	383	402	417	422

(4) 유역평균 PMP 산정

소양강댐 유역 평균 PMP는 유역평균 회귀관계에 극치계수를 적용하여 산정 되었으며, 그 결과는 표 10과 같다.

표 10. 유역평균 PMP

선행강우	예측강우	유역 평균 PMP
1~8월	1~9월	$P_{1-9} = 381.9 + 1.16 P_{1-8}$
2~8월	2~9월	$P_{2-9} = 375.9 + 1.17 P_{2-8}$
3~8월	3~9월	$P_{3-9} = 380.9 + 1.18 P_{3-8}$
4~8월	4~9월	$P_{4-9} = 383.1 + 1.18 P_{4-8}$
5~8월	5~9월	$P_{5-9} = 382.4 + 1.18 P_{5-8}$
6~8월	6~9월	$P_{6-9} = 447.4 + 1.14 P_{6-8}$
7~8월	7~9월	$P_{7-9} = 487.8 + 1.12 P_{7-8}$
8월	8~9월	$P_{8-9} = 560.8 + 0.98 P_8$

5. 결론

기존의 댐 설계를 위한 PMP의 개념을 벗어나 댐 운영을 목적으로 한 새로운 월 PMP 개념을 도입해 소양강댐 유역에 적용하여 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 홍수기간 동안의 월별 PMP와 소양강댐 유역의 설계 PMP를 비교 분석한 결과 소양강댐의 8월 댐 운영은 홍수기 제한수위에 적용하여 운영하는 것은 적절하다고 사료된다.

(2) 갈수기를 대비한 홍수기 댐 운영을 위해서는 8, 9월의 댐 운영이 중요하다. 그러나 현재 홍수기간에 적용하여 운영되고 있는 홍수기 제한수위를 9월에도 그대로 적용하여 운영되고 있으므로, 갈수기를 대비한 효율적인 댐 운영을 위해서는 9월의 홍수기 제한수위를 재 설정하여 댐 운영을 해야 할 것으로 사료된다.

(3) 누가 월 PMP와 누가별 예측에 의한 PMP를 산정하여 선행강우에 따른 홍수시 월 강우량을 계략적으로 예측을 할 수 있으므로 저수위에 따른 댐 운영 조작을 쉽게 할 수 있어 여수로 방류에 의한 무효 방류량을 줄일 수 있게 되므로 댐 저류량을 극대화 할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국건설기술연구원, "갈수기와 홍수기의 댐운영 실태 및 개선방향 -한강 유역의 소양강 다목적댐을 중심으로-", 1996
- [2] 한국수자원공사, "소양강 다목적댐 관리연보", 소양강댐 사무소, 2000
- [3] 김계호, 정관수, "한강수계 다목적댐 운영실태와 개선 방안", 한국대담회, 1995
- [4] 한국수자원공사, "소양강 다목적댐 운영평가 및 수문학적 제설계", 한국대담회, 1995
- [5] 윤용남, "공업수문학", 청문각, 1998
- [6] Hershfield, D.M, "Estimating the Probable Maximum Precipitation", Journal of Hydraulics Div., ASCE, Vol. 87, pp.99-106, 1961
- [7] Hershfield, D.M. "Method for Estimating Probable Maximum Precipitation", Jour. of A.W.A Vol.57, pp.965~972, 1965