

가능최대강수량(PMP) 산정 자동화 프로그램 개발

Development of Automatic Program for PMP Estimation

강동균*, 김영진**, 박상권***, 김영오****

Dong Kyun Kang, Young Jin Kim, Sang Kwon Park, Young Oh Kim

1. 서 론

1990년대 후반 이후 우리나라에 발생한 주요 호우는 그 이전에 발생한 호우에 비해 규모가 거대화되었고, 이로 인한 홍수피해규모 역시 크게 증가하고 있는 추세이다. 1995년 이후에 우리나라에서 발생한 주요 호우는 1995년 태풍 제니스(JANIS), 1996년 집중호우, 1998년 게릴라성 집중호우와 태풍 야니(YANNI), 1999년 경기북부지방 집중호우, 2002년 8월 중순에 발생한 전국 규모의 호우와 태풍 루사(RUSA), 2003년 태풍 매미(MAEMI) 등이다. 최근 이렇게 빈번히 발생하는 이상 홍수에 대한 댐의 적극적인 대응을 위해 1999년 ‘수자원관리 기법연구 조사 보고서’ 중 한국의 가능최대강수량 추정(건설교통부, 2000a)에서는 한국의 주요호우(건설교통부, 2000b)에서 분석된 DAD 분석결과를 이용하여 호우를 수분 최대화시켜 전국적으로 일반화된 격자 PMP(Possible Maximum Precipitation)를 작성하였다(건설교통부, 2000a). 또한, 2004년에는 1969~1999년까지 분석된 주요 호우에 대하여 2000년 이후 우리나라에 발생한 주요호우의 규모와 크기를 정략적으로 평가하였고, 이들의 DAD 분석결과를 이용하여 전국적으로 일반화된 PMP도를 재작성 하였다(건설교통부, 2004). 특히, PMP 공간분포시 사용된 within/without-storm 분포에 있어 within-storm 기법은 Goodyear & Riedel(1965), Riedel(1973), Hansen 등(1982)에 의하여 이용되었고, Hansen 등(1982)은 가상호우의 형태에 대한 등우선 값을 설정하기 위해 without-storm과 결합된 within-storm 강우깊이-면적관계를 일반화시켰다. 최근 2008년에는 PMP 및 PMF 산정절차 지침을 한국수자원공사에서 수립함으로써 산정방법의 표준화가 어느 정도 이루어진 상태이다(국토해양부, 2008).

본 연구는 PMP의 효율적이면서 일관된 산정 결과를 도출할 수 있는 ‘PMP 산정 자동화 프로그램’의 개발을 목적으로 하였다. 현재 PMP 산정은 복잡한 여러 계산단계를 거쳐야 하며 이를 위해 다양한 프로그램들(Auto Cad, EXCEL, GIS-Software 등)을 사용하고 있는 실정다. 특히, 일부 분석자에 따라 계산적이 차이도 발생하고 있다. 금번 연구에서는 기 수립된 “PMP 및 PMF 산정절차 지침 수립(2008.12, 국토해양부)”을 토대로 PMP 산정 전문 프로그램을 개발 하였으며 이를 통해 PMP 산정실무에 있어 효율화 및 표준화를 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.

2. PMP 산정 프로그램 개발

PMP는 댐의 안전을 위한 댐마루표고를 결정하는 중요한 수문량이며, PMP 추정방법에는 과거 발생호우의 극치를 통계적으로 해석하여 추정하는 통계학적 방법, 기왕 최대강우량으로부터 경험

* 정회원 · 한국수자원공사 설계사업처 · E-mail : kangdk@kwater.or.kr
** 정회원 · 한국수자원공사 설계사업처 · E-mail : youngjin@kwater.or.kr
*** 정회원 · 한국수자원공사 설계사업처 · E-mail : skpark@kwater.or.kr
**** 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 · E-mail : yokim05@snu.ac.kr

적으로 추정하는 경험적 방법, 대기 중의 수분함량을 고려하여 산정하는 수문기상학적 전이법 등이 있다. 이 중 수문기상학적 전이법은 기상학적으로 해당 지역의 특성이 잘 반영되는 장점이 있어 보다 과학적, 합리적인 방법으로 선진외국에서 널리 사용되고 있으며, 2008년 수립된 “PMP 및 PMF 산정절차 지침 수립(국토해양부, 2008)”에서도 이 수문기상학적 방법을 채택하고 있다.

일반적으로 실무에서는 수문기상학적 전이방법 중 최근의 이상호우를 포함한 기왕 최대호우를 DAD 해석후 전이하는 대상호우 전이법과 2004년 건설교통부에서 제시한 가능최대강수량도를 이용하는 PMP도 독치법을 비교·검토하여 큰 값을 적용하여 왔으나, 최근 “PMP 및 PMF 산정절차 지침 수립(2008.12, 국토해양부)” 보고서에서는 PMP 독치법을 통해 PMP를 산정하는 것을 제시하고 있다. 이외에 포락 및 균일화, 공간분포, 표준 등우선도 작성, Within/Without 계수적용을 과정을 거쳐서 PMP를 산정하도록 되어 있으며 <그림 1>과 같다.

금회 개발된 ‘PMP 산정 자동화 프로그램’은 이러한 산정절차를 고려해 ① PMP 독치 ② 포락 및 균일화 ③ 내삽 ④ 공간분포의 총 4단계로 산정되도록 프로그램이 구성되어 있다.

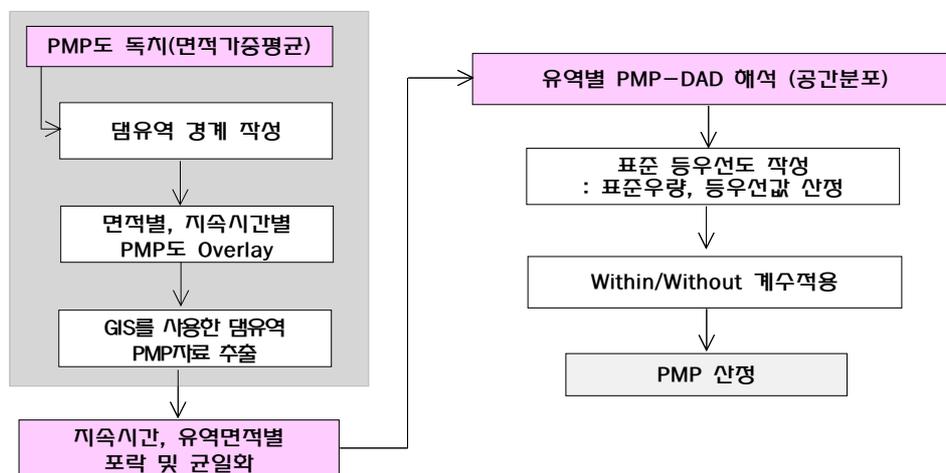


그림 1. PMP 산정절차(수문기상학적 해석)

2.1 PMP도 독치

PMP도 독치과정을 요약하여 정리하면 다음과 같다. (1) PMP도 성과에 대한 수치지도화 작업 : 2004년 9월에 제작성된 유역면적 25km²~20,000km²에 대한 지속시간 1, 2, 6, 12, 24, 48, 72시간의 PMP도를 준비, (2) 분석유역 유역경계 파일 생성, (3) GIS의 Tin 및 Grid module을 활용한 평균 강우량 작성 (4) Log보간법을 이용한 호우지속시간 및 호우면적에 대한 내삽 실시이다. 이러한 복잡한 분석절차를 수행하기 위하여 기존에는 AutoCAD, EXCEL, GIS-Software 등 많은 프로그램들이 사용되었다. 그러나, 금회 PMP 자동화 산정 프로그램은 복잡한 계산절차를 단일 프로그램내에서 자동으로 수행할 수 있게 구현하였다. 즉, PMP도와 유역 경계 파일만 입력하면 PMP 독치값이 자동으로 생성되게 된다. <그림 2>는 PMP도와 유역경계화일을 토대로 면적가중 평균법을 이용한 유역의 PMP값을 독치한 결과를 보여주고 있다.

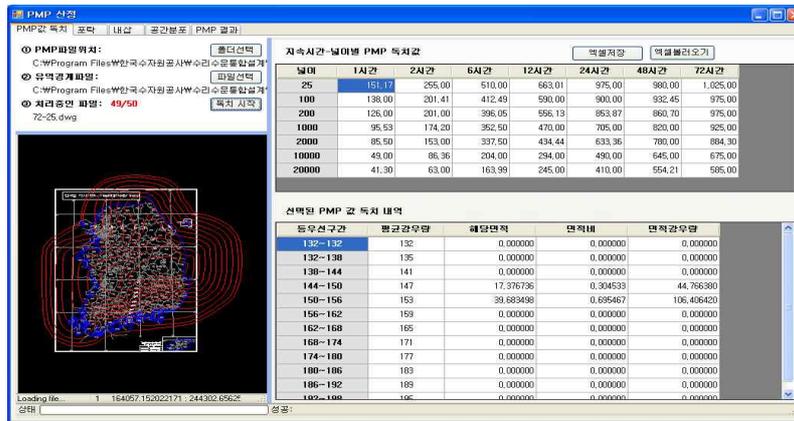


그림 2. PMP 독치 자동화 프로그램

2.2 포락 및 균일화

면적가중평균법에 의해 산정된 대상유역의 PMP-DAD 결과치를 기초로 하여 유역면적별 강우깊이-지속시간 포락 및 균일화 곡선을 작성하여야 한다. 포락방법은“PMP 및 PMF 산정절차 지침 수립(국토해양부, 2008)”에서 제시한 Spline방법, Box-Cox변환, Log변환을 적용하여 비교·검토 후 채택하는 것으로 되어 있으며, ‘PMP 산정 자동화 프로그램’도 이 3가지의 포락이 가능하도록 구성되어 있다. Spline 방법은 지레점(영향점)을 지나는 Spline 곡선으로 자료구간을 부드럽게 연결하는 방법이며, Box-Cox 방법은 근사 정규분포로 자료를 변환하는 방법으로 기존의 포락방법이 로그변환을 전제로 했다면, Log 변환 방법이 $\lambda=0$ 인 특별한 경우도 포함된 좀더 일반화된 변환 방법이며, 유도된 회귀식이 포락곡선이 아니므로 반드시 인위적인 절편조정을 수정하여야 한다. <그림 3>은 Spline 방법에 의한 포락 및 균일화 분석결과를 보여주고 있다.

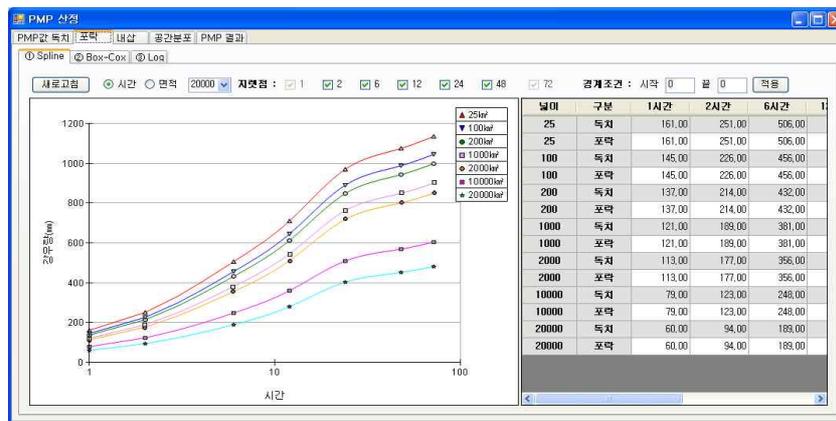


그림 3. PMP 포락 및 균일화 자동화 프로그램

2.3 PMP 내삽

PMP도는 유역면적 25km²~20,000km²에 대한 지속시간 1, 2, 6, 12, 24, 48, 72시간에 대해서만 작성되어 있어 사이값은 내삽을 통해 얻을 수 있다. PMF 산정 후 댐에서의 홍수량을 구하고 임계지

속시간을 산정하기 위해서는 지속시간에 대한 더 많은 PMP가 필요하게 된다. 금회 산정된 개발된 'PMP 산정 자동화 프로그램'은 선택된 포락 선형에 대한 해당 지속시간별 PMP를 독치하여 얻을 수 있도록 내삽기능을 포함하고 있다. <그림 4>는 프로그램을 사용하여 포락 및 균일화된 PMP 값을 내삽시킨 결과를 보여주고 있다.

면적	1	2	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66
25	151.00	251.00	506.00	710.00	862.09	970.00	1,003.80	1,031.42	1,054.77	1,075.00	1,092.43	1,108.02	1,122.12
30	158.90	247.71	499.42	701.45	852.39	959.48	992.98	1,020.36	1,043.51	1,063.56	1,080.87	1,096.36	1,110.37
40	155.58	242.52	489.05	687.96	837.08	942.88	975.92	1,002.91	1,025.73	1,045.50	1,062.64	1,077.96	1,091.83
50	153.00	238.50	481.00	677.50	825.20	930.00	962.68	989.37	1,011.95	1,031.50	1,048.49	1,063.69	1,077.45
60	150.90	235.21	474.42	668.95	815.50	919.48	951.86	978.31	1,000.68	1,020.06	1,036.94	1,052.04	1,065.69
80	147.58	230.02	464.05	655.46	800.19	902.88	934.79	960.86	982.91	1,002.00	1,018.70	1,033.64	1,047.15
100	145.00	226.00	456.00	645.00	788.32	890.00	921.55	947.33	969.12	988.00	1,004.56	1,019.37	1,032.77
125	142.42	242.27	448.27	634.38	776.00	876.48	907.72	933.24	954.82	973.51	989.88	1,004.53	1,017.78
150	140.32	255.57	441.96	625.70	765.93	865.43	896.42	921.73	943.14	961.68	977.89	992.40	1,005.53
200	137.00	276.55	432.00	612.00	750.05	848.00	878.58	903.57	924.70	943.00	958.98	973.27	986.20
250	134.78	272.49	434.13	602.71	739.22	836.08	866.30	891.00	911.88	929.97	945.78	959.93	972.73
300	132.97	269.17	435.87	595.12	730.37	826.33	856.27	880.73	901.41	919.32	936.00	949.03	961.72

면적	1	2	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
100	145.0	226.0	456.0	645.0	788.3	890.0	921.5	947.3	969.1	988.0	1,004.6	1,019.4	1,032.8	1,045.0
124.50	142.5	242.0	448.4	634.5	776.2	876.7	908.0	933.5	955.1	973.8	990.1	1,004.8	1,018.0	1,030.1
125	142.4	242.3	448.3	634.4	776.0	876.5	907.7	933.2	954.8	973.5	989.9	1,004.5	1,017.0	1,029.9

그림 4. PMP 내삽 자동화 프로그램

2.4 PMP 공간분포

산정한 대상유역의 PMP는 호우가 유역공간에 균일하게 내렸다는 가정하에 공간분포를 고려하지 않은 값이다. 그러나, 실제 수문사상의 발생은 강우의 방향성, 집중성 및 우세성 등이 중요하기 때문에 PMP의 공간분포가 필요하므로 PMP는 공간분포를 고려한 값으로 환산하여야 한다. PMP의 공간분포를 적용하는 절차는 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 하나는 관측호우 형상과 관측 DAD를 이용하는 sliding 기법이고, 다른 하나는 가상적인 호우형상과 PMP-DAD를 이용하는 within/without-storm 곡선 방법으로 평균적인 공간분석을 위해서는 주로 가상적인 호우형상을 이용한 후자의 방법이 사용된다. 금번 PMP 공간분포에 사용된 방법은 within/without-storm 곡선 방법으로, 이론적 근거는 “U.S Department of Interior HMR Report No. 52”에 제시되어 있다. within/without-storm 곡선을 이용하여 등우선 값을 결정하는 것은 특정면적의 PMP값에 6-hr 증분별 within/without-storm 곡선의 비율을 곱한 것과 동일하며 이 값은 특정면적의 PMP값이 대상유역에 발생했을 때 가상호우의 등우선 면적까지의 평균강우량을 의미한다. 따라서 PMP 면적 규모에 이들 비율값을 곱하면 가상호우의 표준등우선 면적에 대한 평균강우량을 추출할 수 있고 각각의 표준등우선 면적에 대한 평균강우량으로부터 각 등우선의 값을 결정할 수 있다. 이때 각 가상호우의 표준등우선의 평균강우량으로부터 각 등우선의 값을 결정하는 방법은 역-DAD 관계의 해석으로 얻을 수 있다. 금회 산정된 개발된 'PMP 산정 자동화 프로그램'은 이러한 일련의 과정을 자동화하여 효율적으로 공간분포 작업을 수행할 수 있게 하였다. <그림 5>는 프로그램을 사용하여 내삽된 PMP 값에 대한 공간분포 결과를 보여주고 있다. 특히 금번 'PMP 산정 자동화 프로그램'은 유역 중심 및 공간분포 최대화 방향을 자동으로 추정할 수 있는 기능이 포함되어 있어 기존의 PMP 산정에 소요되는 시간을 대폭 감소시켰다.

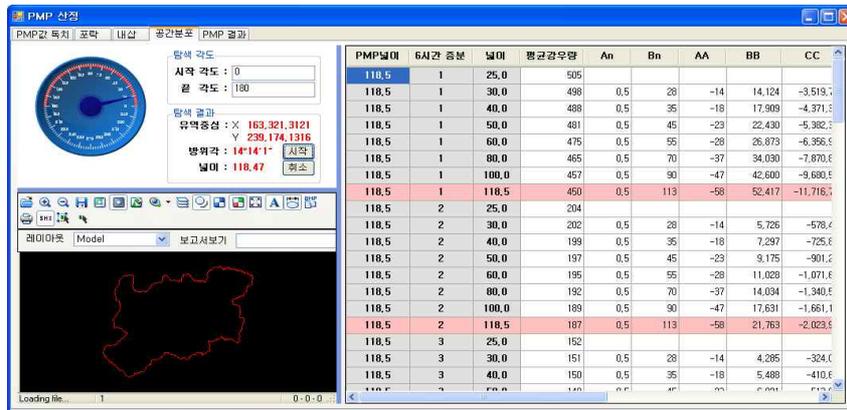


그림 5. PMP 내삽 자동화 프로그램

3. PMP 산정 프로그램 적용성 평가

금회 개발된 'PMP 산정 자동화 프로그램'의 적용성을 평가하기 위하여 한국수자원공사에서 관리하고 있는 불안댐 유역을 대상으로 PMP를 산정하여 기존 결과와 비교해 봄으로써 적용성을 평가하였다. PMP도는 2004년에 작성된 전국 PMP도를 사용하였으며, 유역도는 한국수자원공사의 전국 유역조사에서 작성된 불안댐 유역도를 사용하였다. <그림 4>는 불안댐 유역도이며 <표 1>은 불안댐 주요현황을 보여주고 있다.



그림 4. 불안댐 유역도

표 1. 불안댐 주요현황

유역면적 (km ²)	댐		저수지			여수로		
	형식	정상표고 (EL.m)	상시 만수위 (EL.m)	계획 홍수위 (EL.m)	저수용량 (백만m ³)	형식	월류정고 (EL.m)	설계 방류량 (m ³ /sec)
59	C.F.R.D	49.0	41.2	43.8	50.3	무문식 월류형	41.2	663 (PMF)

3.1 부안댐 유역 PMP 산정

‘PMP 산정 자동화 프로그램’을 이용하여 부안댐 유역의 PMP를 산정하였다. 공간분포 후 PMP는 지속시간 18시간을 기준으로 36mm(4.3%)가 감소하는 것으로 나타났다. 부안댐 유역의 금회 PMP 산정결과는 기본계획(2004, 한국수자원공사) 검토시의 임계지속시간이었던 강우지속시간 18시간의 경우 당초 800mm에서 5mm가 증가된 805mm로 산정되어 기존 성과와 거의 유사한 것으로 나타났다. 지속시간 6시간에서 기본계획(한국수자원공사, 2004)과 차이가 발생하는 원인은 포락값과 독치값의 상대편차 허용범위(15%이내)를 만족시키기 위하여 포락시 지레점(영향점)으로 사용한 것에 기인한 것으로 판단된다. 따라서, 금회 산정된 지속시간별 PMP는 기존성과와 일관성을 가지는 값으로 산정되었다고 판단되며 ‘PMP 산정 자동화 프로그램’을 활용한 실무적용에 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 특히, 프로그램을 활용하면서 PMP 산정과정에서 200시간 이상 소요되던 분석시간이 4시간 정도로 단축되는 결과가 나타났다.

표 2. 부안댐 공간분포 전·후 PMP

구 분	지속시간별 PMP(mm)			
	6hr	12hr	18hr	24hr
공간분포전	452	716	841	930
공간분포후	413	676	805	897
증 (△)감	△39 (△8.6%)	△40 (△5.6%)	△36 (△4.3%)	△33 (△3.6%)

표 3. 부안댐 공간분포 전·후 PMP

구 분	지속시간별 PMP(mm)			
	6hr	12hr	18hr	24hr
기본계획(2004)	461	659	800	874
정밀안전진단(2007)	496	679	809	902
금 회	413	676	805	897
증 (△)감	△48 (△10.4%)	17 (2.6%)	5 (0.6%)	23 (2.6%)

4. 결 론

PMP 산정시 비효율적 기존의 분석방법을 개선하여 PMP 산정 자동화 프로그램을 개발하였다.

1. PMP도 독치, 포락 및 균일화, 내삽, 공간분포의 일련의 과정을 자동화로 분석할 수 있도록 프로그램을 구성하였으며, “PMP 및 PMF 산정절차 지침 수립(국토해양부, 2008)”의 기준을 토대로 프로그램을 개발하였다.
2. 프로그램의 적용성을 평가하기 위하여 부안댐 유역의 PMP를 산정하고 과거 산정결과와 비교 분석한 결과 적절한 결과를 도출하여 실무 적용이 가능한 것으로 나타났다.
3. 특히, PMP 산정과정을 자동화 시킴으로써 분석기간이 과거 200시간 이상 소요되던 것이 약 4시간 정도로 단축되어 효율성이 매우 높은 것으로 나타났다.
4. 향후 이상기후에 따른 PMP 강우산정의 중요도가 점차 증가될 것으로 판단되며 그 실효성도 점차 증가될 것이다. 본 프로그램은 신규 수자원 개발, 기존 수자원시설 치수대책 수립 등 수자원분야에 널리 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2000a). 수자원관리기법연구조사보고서 제2권 한국의 가능최대강수량 추정
2. 건설교통부(2000b). 수자원관리기법연구조사보고서 제2권 별책 제1권 한국의 주요호우
3. 건설교통부(2004). 전국 PMP도 재작성 보고서
4. 김남원, 우효섭, 김창원(2002). 태풍 루사(Rusa)의 강우 특성과 홍수피해 특성, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 15-22.
5. 김남원, 원유승(2004). 호우이동을 고려한 DAD 분석방법, 한국수자원학회 논문집 Vol. 37, No. 5, pp. 437-448.
6. 김진면(1972). 한국에 영향을 미친 태풍조사, 한국기상학회지, Vol. 8, No.1, pp. 39-47.
7. 국토해양부(2008). PMP 및 PMF 산정절차 지침 수립 보고서
8. Hansen, E. M., Schreiner, L.C., and Miller, J. F.(1982). Application of Probable Maximum Precipitation Estimates, United States East of the 105th Meridian, Hydrometeorological Report No. 52, U.S. National.
9. Riedel, J. T., Wang, B. H. and Diebel, J. L.(1982). Site Specific Probable Maximum Precipitation Estimates(Upper South Platte River Basin Colorado), Processings of International Symposium onf Hydrometeorology, American Water Resources Association, pp. 517-522.