

미계측 소유역의 가능최대홍수량 산정

Estimation of Probable Maximal Flood on Ungauged Small Basin

황만하*, 이배성**, 유양수***, 이상진****

Man Ha Hwang, Bae Sung Lee, Yang Soo Yoo, Sang Jin Lee

요 지

최근 들어 기상이변으로 인해 집중호우가 빈번히 발생하여 막대한 홍수피해를 야기하고 있으며, 이에 자연재해에 대한 방재대책의 중요성 및 수공구조물들의 설계빈도를 상향조정하는 등의 대책마련이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 특히 2002년 여름 강릉지역에 발생한 태풍 “루사”로 인한 집중호우는 기존 PMP(가능최대강수량) 규모를 초과하는 사상 초유의 24시간 최대 강수량(880mm)을 기록하여 기존 댐 등과 같은 수공구조물의 설계기준에 대한 재고가 불가피 하게 되었다. 이에 본 연구에서는 미계측 유역인 상관저수지 유역을 대상으로 지속시간별 PMP를 산정한 후 임계지속시간을 고려한 PMF(가능최대홍수량)를 산정하여 유역내 대표적인 수공구조물인 저수지의 수문학적 치수안정성 여부를 검토하였다. 분석 대상유역인 상관저수지 유역의 PMP는 전국 전계절별 PMP도로부터 호우중심의 PMP와 유역중심의 PMP를 동일하게 하여 지속시간별 PMP를 산정하였다. 산정된 PMP로부터 Huff의 4분위법을 이용하여 강우를 시간분포 시킨 후 상관저수지 유역의 PMF를 산정하였으며, 이 때 이용된 유역의 홍수량추정 기법으로는 Clark 단위도법이다. 또한 본 연구에서는 수공구조물의 치수안정성을 검토하기 위하여 HEC-5모형을 이용한 저수지 홍수추적을 실시하였으며, 검토 결과 상관저수지의 수문학적 안정성은 확보된 것으로 분석되었다.

핵심용어 : PMP, PMF, 임계지속시간, Clark 단위도법, 저수지 홍수추적

1. 서론

최근 들어 기상이변으로 인해 집중호우가 빈번히 발생하여 막대한 홍수피해를 야기하고 있으며, 이에 자연재해에 대한 방재대책의 중요성 및 수공구조물들의 설계빈도를 상향조정하는 등의 대책마련이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 특히 2002년 여름 강릉지역에 발생한 태풍 “루사”로 인한 집중호우는 기존 PMP(가능최대강수량) 규모를 초과하는 사상 초유의 24시간 최대 강수량(880mm)을 기록하여 기존 댐 등과 같은 수공구조물의 설계기준에 대한 재고가 불가피 하게 되었다. 이에 본 연구에서는 미계측 유역인 상관저수지 유역을 대상으로 지속시간별 PMP를 산정한 후 임계지속시간을 고려한 PMF(가능최대홍수량)를 산정하여 유역내 대표적인 수공구조물인 저수지의 수문학적 치수안정성 여부를 검토하였다.

2. 연구대상 유역의 개황 및 특성

본 연구의 대상유역인 상관저수지 유역은 행정구역상으로 전라북도 완주군 상관면 마치리와 의암리 일부

* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 수석연구원 · E-mail : hwangmh@kowaco.or.kr

** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 위촉연구원 · E-mail : baesung@hannam.ac.kr

*** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 연구원장 · E-mail : yooys@kowaco.or.kr

**** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 선임연구원 · E-mail : sjlee@kowaco.or.kr

를 포함하고 있으며, 북위 35°45'에서 35°50'사이, 동경 127°12'에서 127°17'사이에 위치하고 있다. 유역의 동쪽으로는 마덕산(EL.763.3m)이 남북방향으로 뻗어 발달되어 있고, 북동쪽으로 북방산(EL.520m)이 위치한다. 유역의 형상은 대략 방사형으로 남북길이는 약 6.85km이고 동서의 폭은 약 6.13km이며, 유역면적은 25.95km²으로 소유역에 해당된다. 따라서, 본 연구에서는 분석 대상유역을 여러개의 소유역으로 분할하지 않고 단일유역으로 하여 치수안정성 검토를 수행하였다.

본 연구에서는 유역분할 및 유역의 지형특성 인자를 추출하기 위해 1:5,000 수치지도를 활용하였으며, ArcView 3.2a와 WMS 6.1 프로그램을 이용하였다. 유역분할 및 지형특성 인자 추출과정은 우선, 분석 대상 지역의 수치지도로부터 ArcView 3.2a 프로그램을 이용하여 대상유역의 TIN을 생성한 후 WMS 6.1의 TIN Module과 DEM Module 및 TOPAZ 프로그램을 이용하여 유역을 분할하였다. 분할된 유역에 대한 지형특성 인자는 WMS 6.1 프로그램을 이용하여 추출하였다. 다음 그림 1은 상관저수지 유역도를 나타낸 것이고, 추출된 지형특성인자는 다음 표 1과 같다.

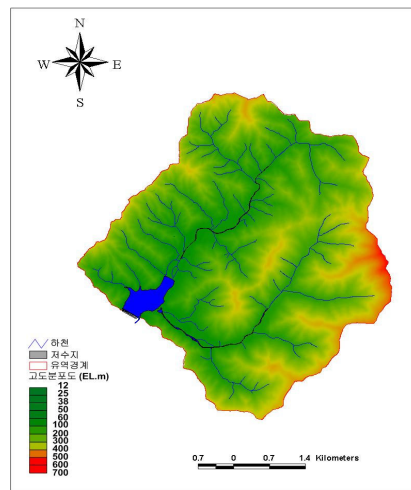


그림 1. 상관저수지 유역도

표 1. 상관저수지 유역의 지형특성 인자

댐명	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	유역평균폭 A/L(km)	형상계수 A/L ²	유역평균고도 (EL.m)	유역평균경사 (m/m)	유로평균경사 (m/m)
상관저수지	25.95	8.42	3.08	0.37	279.68	0.5265	0.0397

3. PMP(Probable Maximum Precipitation)의 결정

PMP는 수공구조물의 안정을 위한 여유고 산정시 기준이 되는 중요한 수문량이며, 추정방법에는 기왕 최대강수량으로부터 경험적으로 추정하는 경험적 방법, 대기중의 수분함량을 고려하여 산정하는 수문기상학적 방법 및 과거 발생호우의 극치를 통계적으로 해석하여 추정하는 통계학적 방법 등 3가지가 있다. 이 중 수문기상학적 방법은 기상학적으로 해당 유역의 특성이 잘 반영되는 장점이 있어 보다 과학적, 합리적인 방법으로 선진외국에서 널리 사용되고 있으며 우리나라에서도 최근 많이 사용하고 있다. 일반적으로 실무에서는 수문기상학적 방법으로 산정하는 방법과 수자원 관리기법 개발 연구조사 보고서(건설교통부, 2000)에서 제시한 가능최대강수량도(PMP도)로부터 PMP 추정하는 방법들을 비교하여 적용하고 있다. 일반적으로 소유역의 PMP는 후자의 방법을 이용하여 산정하고있으며, 이 값을 임계지속시간 결정시 필요한 지속시간별 PMF를 구하는데 사용한다.

본 연구에서는 대상유역의 면적이 25.95km²인 소유역임을 감안하여 PMP를 공간분포 시키는 대신 그 면적에 해당되는 일반화된 PMP도로부터 호우중심의 PMP와 유역중심의 PMP를 동일하게 하여 지속시간별 면적 평균강우량을 산정하였다.

전국 PMP도 재작성(건설교통부와 한국수자원공사, 2004)에서 작성한 전국 전계절별 가능최대강수량의 등우선은 최소 4 mm에서 최대 50 mm 간격으로 되어있어, 이로부터 정확한 가능최대강수량을 산정하기란 어려움이 많다. 따라서 본 연구에서는 전라북도에 대한 격자기반을 구성한 후 PMP도의 등우선을 선형보간하여 지속시간별 PMP도를 재작성하였다. 그림 2와 같이 재작성된 PMP도로부터 과업 대상유역인 상관저수지 유역의 PMP는 호우중심의 PMP와 유역중심의 PMP를 동일하게 하여 산정하였으며, 추정결과는 다음 표 2와 같다.

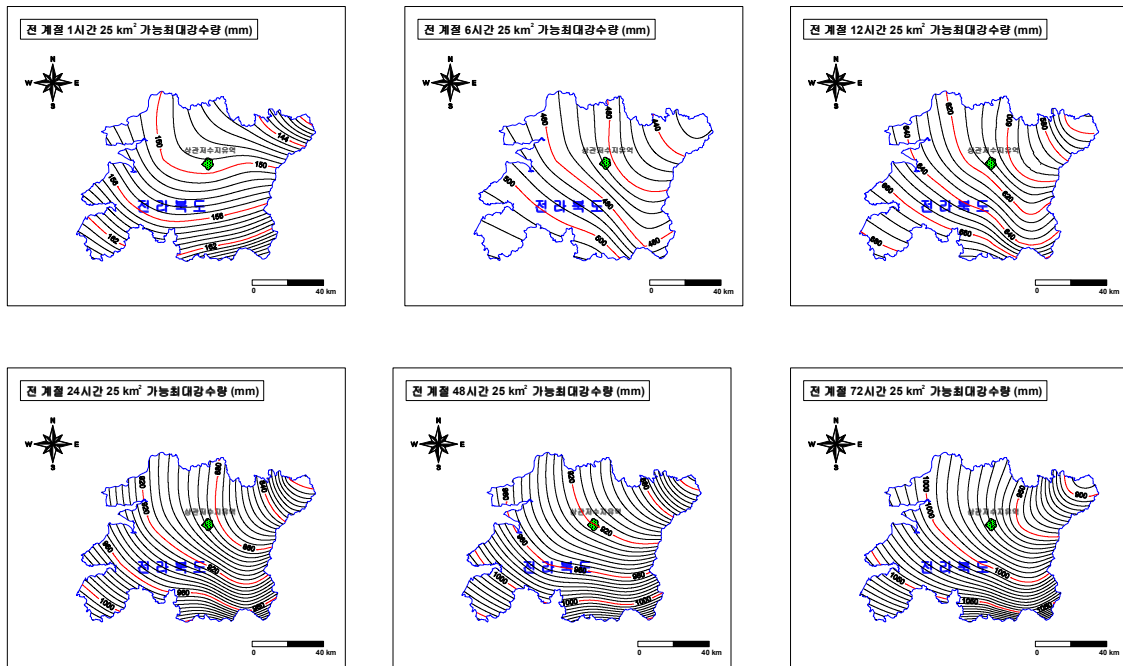


그림 2. 전라북도 전계절 1 ~ 72시간 25km² 가능최대강수량

표 2. 상관저수지 유역의 PMP 추정 결과

유역면적 (km ²)	PMP 추정 위치도		지속시간별 가능 최대 강수량(mm)						
	위도	경도	1hr	2hr	6hr	12hr	24hr	48hr	72hr
25.95	35°47'16"	127°14'45"	149.3	244.0	464.2	611.6	888.6	920.2	970.2

4. PMF(Probable Maximum Flood) 산정

가능최대홍수량(PMF)은 대상 유역에서 가능최대강수량(PMP)을 적용시켜 산정된 유출수문곡선을 의미하며, 일반적으로 댐의 월류를 방지하기 위한 기준홍수량으로 사용되고 있다. 강우의 시간별 분포는 매우 다양하며, 유출의 관점에서 볼 때 도달시간이 작은 유역의 경우 첨두유량은 강우체적 보다 강우의 첨두크기에 의해 결정되고, 도달시간이 긴 유역의 경우는 첨두 크기와는 무관하고 강우체적에 의하여 결정된다. 또한, 지역적 설계강우의 시간별 분포 보고서(건설교통부, 2000)에서는 강우의 시간분포를 결정하는 것이 유출량 해석에 큰 영향을 미침을 밝힌바 있다. 본 연구에서 설계 강우의 시간분포는 실무에서 많이 활용되고 있는 Huff

의 4분위법을 채택하였다. Huff의 4분위법은 기왕의 강우자료로부터 총 강우지속기간을 4등분하여 침투우량이 발생하는 시각의 분위별 통계특성을 적출하여 해당지역의 강우량 분포식을 회귀분석에 의하여 구하고, 이를 기준으로 설계 강우를 강우지속기간내에 분포시키는 방법이다.

본 연구에서는 10분(0.17시간)부터 1440분(24시간)까지 10분씩 지속시간을 증가시켜면서 PMF를 산정하였다. 지속시간별로 산정된 PMF 중에서 최대 침투홍수량은 Huff 제4분위 그리고 침투홍수량은 5.1시간에서 발생하였다. 표 3은 Huff 분위별 침투홍수량, 유출량 그리고 침투발생시간을 나타낸 것이다. 그림 3은 Huff 분위별 우량주상도와 홍수수문곡선을 나타낸 것이다.

표 3. Huff 분위별 침투홍수량 및 침투발생시간

방 법	침투홍수량(CMS)	유출량(Mm ³)	침투발생시간(hr)
제1분위	1021.8	11.5	1.8
제2분위	976.9	9.1	2.7
제3분위	1035.6	8.8	3.5
제4분위	1115.2	9.7	5.1

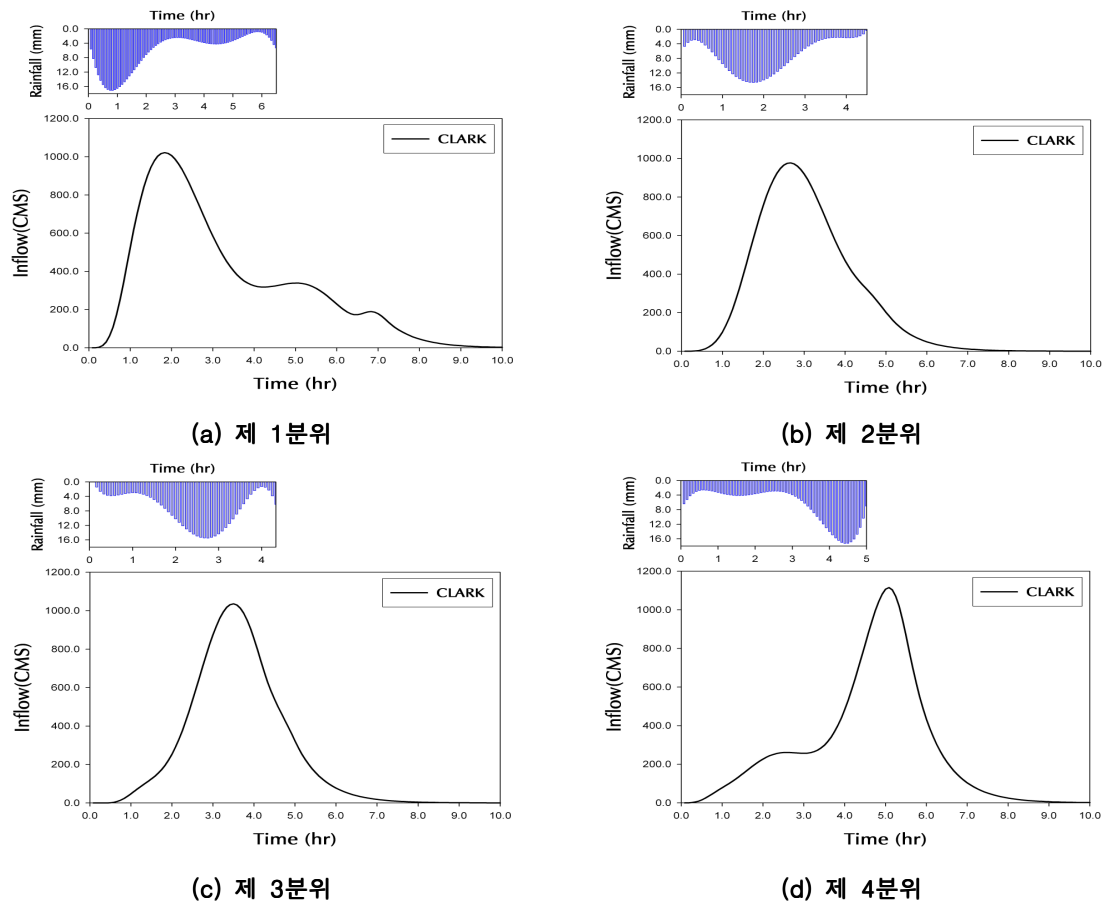


그림 3. Huff 분위별 강우분포 및 홍수수문곡선

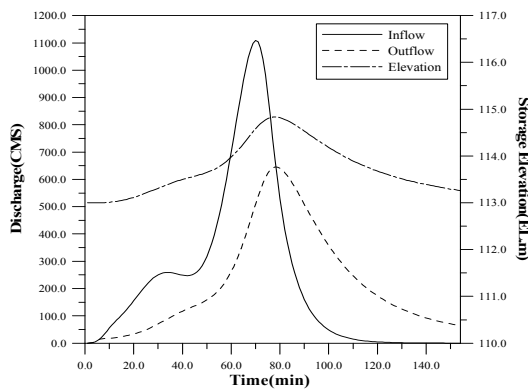
5. 저수지 홍수추적

본 연구의 대상댐인 상관저수지는 자연월류식 측구형 여수로 형식으로 되어 있으며, 저수위가 상시 만수위인 EL.113.0m 이상일 경우 방류를 하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 PMF 유입시 댐 마루 포고의 안정성 여

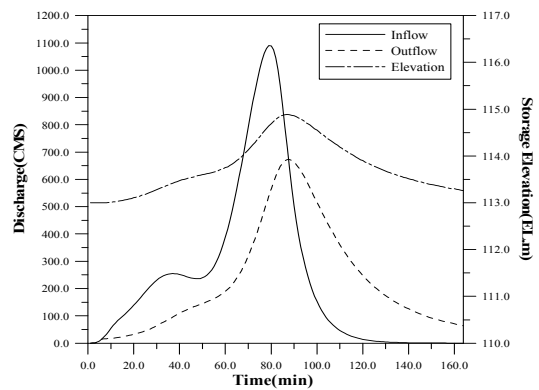
부를 검토하기 위하여 초기 저수위를 상시 만수위로 가정하여 저수지 홍수추적을 실시하였다. 다음 표 4는 저수지 홍수추적 분석결과를 나타낸 것으로 지속시간별 PMF에 의한 저수지 추적결과 첨두홍수량은 300min(5hr)에서 1115.20m³/s로 가장 크게 산정되었으며, 이 때 저수지 수위는 EL.114.75m, 방류량은 605.07 m³/s으로 나타났다. 그러나 저수지 최고 수위를 발생시키는 유입홍수에 대한 첨두홍수량은 1089.59m³/s이며, 저수지 수위는 EL.114.89m로 나타났다. 이는 취수댐의 표고EL.116.40m에 1.51m 작으므로 댐의 수문학적 안정성은 확보된 것으로 판단된다. 다음 그림 4는 지속시간별 홍수유입량과 방류량, 그리고 저수지 수위의 시간적 변화를 나타낸 것이다.

표 4. 저수지 홍수추적 결과

지속 시간 (min)	유입량 (CMS)			방류량 (CMS)			저수위 (EL.m)		
	총량	최대	최대유입 발생시간	총량	최대	최대방류 발생시간	최대	최대수위발 생시간	평균
200	24063.37	1052.42	42분	22123.76	471.25	52분	114.47	51분	113.63
250	28548.46	1099.87	52분	26490.36	548.09	60분	114.63	59분	113.69
300	32483.82	1115.20	61분	30362.16	605.07	69분	114.75	68분	113.72
350	35962.20	1108.47	70분	33810.97	645.30	78분	114.83	77분	113.74
400	39063.52	1089.59	79분	36904.97	673.02	88분	114.89	87분	113.76



(a) 지속시간 350분



(b) 지속시간 400분

그림 4. 저수지 유입 및 방류량 수문곡선

6. 결론

본 연구에서는 미계측 유역인 상관저수지 유역의 PMF를 10분(0.17시간)부터 1,440분(24시간)까지 10분씩 지속시간을 증가시키면서 지속시간별로 산정하였으며, 산정된 PMF 중 최대 첨두홍수량은 Huff 제4분위 그리고 첨두홍수량은 5.1시간에서 발생하였다. 또한 수공구조물의 치수안정성을 검토하기 위하여 HEC-5모형을 이용한 저수지 홍수추적을 실시한 결과 첨두홍수량은 300min(5hr)에서 1,115.20m³/s로 가장 크게 산정되었고, 이 때 저수지 수위는 EL.114.75m, 방류량은 605.07m³/s으로 나타났다. 그러나 저수지 최고 수위를 발생시키는 유입홍수에 대한 첨두홍수량은 1,089.59m³/s이며 저수지 수위는 EL.114.89m로, 이는 취수댐의 마루표고 EL.116.40m보다 1.51m 작은 것으로 상관저수지의 수문학적 안정성은 확보된 것으로 분석되었다.

참고 문헌

1. 건설교통부(2000). 수자원 관리기법 개발 연구조사.
2. 건설교통부(2000). 지역적 설계강우의 시간별 분포.
3. 건설교통부, 한국수자원공사(2004). 전국 PMP도 제작성.