

# 시·공간성을 고려한 유역 기반 PMF 산정 연구 : 용담댐 유역을 대상으로\*

## Basin-scale PMF Estimation by Considering Spatio-temporal Characteristics : Focused on Yongdam-dam Basin

김영규 Kim Youngkyu\*\*, 유완식 Yu Wansik\*\*\*, 김연수 Kim Yeonsu\*\*\*\*,  
정안철 Jeong Anchul\*\*\*\*\*, 정관수 Jung Kwansue\*\*\*\*\*

### Abstract

This study aims to estimate a basin-scaled Probable Maximum Flood(PMF) by considering both spatial-temporal characteristics of rainfall. Apart from that, the comparison of the PMF calculated from both using conventional approaches and the methodology suggested in this study were performed. The PMF is the theoretical maximum flood that poses extreme threats to the flood control of a project, in a design watershed. It is noted that the characteristics of heavy rainfall are difficult to be identified, as the directions of rainfall propagation are difficult to be recognized. Therefore, in contrast to conventional approaches, a rainfall analysis approach which considers both spatial and temporal characteristics of rainfall has been adopted to estimate the PMF for the watershed. The results indicated that the PMF estimated by considering the spatial-temporal characteristics of rainfall was lower as compared to the PMF estimated from using conventional approaches. However, it was also found that the results, from using the suggested methodology in this study, were higher as compared to the 200-year flood frequency discharge. It can be concluded that application of the spatial-temporal considered PMF estimation approach suggested in this study may prevent the over estimation of PMF for future studies.

Keywords: Basin-scale PMP Estimation, PMF Estimation Based on Basin, Yongdam-dam

### I. 서론

IPCC 5차보고서(Intergovernmental Panel on Climate Change 2014)에 따르면 1950년 이래로 다수의 극한

기상 및 기후 변화가 관측되었다. 이러한 변화들 중 일부는 인간의 활동과 관련된 것으로 많은 지역에서 극한 호우 현상의 증가가 꼽힌다. 이러한 극한 호우 현상 증가와 일부 저수지의 유출 증가 경향은 지역

\* 본 논문은 2016년 국토교통부 물관리연구사업의 연구비 지원(16AWMP-B079625-03)에 의해 작성되었음.

\*\* 충남대학교 토목공학과 석사과정(제1저자) | M.S. Candidate, Dept. of Civil Engineering, Chungnam National Univ. | Primary Author | youngkyu6257@naver.com

\*\*\* 충남대학교 국제수자원연구소 연구원(교신저자) | Researcher, International Water Resources Research Institute, Chungnam National Univ. | Corresponding Author | yuwansik@gmail.com

\*\*\*\* 한국수자원공사 선임연구원 | Senior Researcher, Korea Water Resources Corporation | yeonsu0517@kwater.or.kr

\*\*\*\*\* 충남대학교 토목공학과 박사과정 | Ph.D. Candidate, Dept. of Civil Engineering, Chungnam National Univ. | anchuly@naver.com

\*\*\*\*\* 충남대학교 토목공학과 교수 | Prof., Dept. of Civil Engineering, Chungnam National Univ. | ksjung@cnu.ac.kr

적 규모에서 홍수의 위험이 더 커졌음을 의미한다. 강우는 우리 일상생활과 매우 밀접하게 관련된 기상 요소 중 하나로 기온이나 기압 등의 기상 요소와는 다르게 시간과 공간의 편차가 상당히 크며, 산악·해양 등의 지형적인 영향을 많이 받는다(김은희, 김맹기, 이우섭 2005). 우리나라 호우 특성의 경우, 방위 및 진행방향에 따른 해석이 매우 복잡하여 강우를 정형화하기에 어려운 특징을 보인다. 또한 지속시간이 긴 호우의 경우에는 호우의 범위가 한반도 전체가 되는 특성 때문에 강우의 시·공간성과 관련된 관측자료는 부족하며, 이러한 특성을 고려한 연구 또한 미진한 실정이다.

소규모 수공 구조물과는 달리, 댐과 같은 대규모 수공 구조물은 예측하기 어려운 거대한 집중호우로 파괴될 경우에 막대한 경제적 손실 및 대규모 인명 피해 등과 같은 극심한 사회·경제적 피해를 유발시킬 수 있기 때문에 사실상 초과 위험이 없는 극한 홍수량을 기본으로 구조물을 설계하고 있다. 이때 설계 시 적용되는 극한 홍수량이 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood: PMF)이다. PMF는 강우의 깊이·면적·지속시간(Depth-Area-Duration: DAD)을 이용하여 산정된 가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation: PMP)의 강우-유출관계에 의하여 추정되며, PMP는 댐과 같은 대규모 수공 구조물의 합리적인 설계를 위하여 필수적인 요소로 주어진 지속 기간 동안에 특정 호우 면적에서 물리적으로 발생할 수 있는 최대강수량의 깊이로 정의된다(Hansen, Schreiner and Miller 1982).

국내의 PMP 및 PMF 산정 관련 연구는 건설부(1988)와 건설교통부(2000; 2004a)에서 수행된 바 있으며, 건설부(1988)에서는 1972년부터 1987년까지 16년간의 강우자료를 바탕으로 유역 중심의 DAD 분석방법을 적용하여 PMP를 산정하였다. 그 후 이례적인 집

중호우의 발생 빈도가 증가하여 건설교통부(2000)에서는 추가적인 집중호우를 고려하였으며, 호우 중심의 DAD 분석방법을 활용하여 PMP를 산정하였다. 산정된 PMP는 대표 지속기간별 강우의 깊이·면적의 포락 및 균일화를 실시하여 7개의 지속기간 및 7개의 면적에 대한 전국 PMP도 49매를 작성한 바 있다. 전국 PMP도를 작성한 이후에도 루사, 매미 등과 같은 태풍에 의한 집중호우로 건설교통부(2004a)에서는 전국 PMP도를 재작성하였다. 한국개발연구원(2007)에서는 댐 설계 당시와 건설교통부에서 수립한 보고서(2004b)의 PMP 및 PMF의 방법론상의 일관성, 시간상의 일관성, 공간상의 일관성을 분석하여 한국수자원학회(2005)에서 제시하고 있는 PMP 및 PMF의 적정성을 검토하고 개선방안을 제시하고자 연구하였다. 그 후 국토해양부(2008)에서는 PMP 및 PMF 산정에 대해 표준화된 기준 및 절차를 수립한 후에 댐 설계 기준을 반영하여 신규 댐 설계와 기존 댐의 수문학적 안정성 평가뿐만 아니라 치수 능력 증대방안 수립을 위한 설계 기준까지 제시하였다.

강민주(2009)는 건설교통부(2004a)에서 제안한 PMP도를 이용하여 남강댐 유역의 PMP를 추출하였고 유역면적, 하천차수 그리고 하천 길이별로 유역을 분할하여 PMF를 추정한 후 기왕 자료인 남강댐 설계 당시의 PMF와 비교·검토하였다. 그 결과, 댐 설계 당시의 PMF보다 증가한 PMF가 추정되었고, 이는 최근 강우의 이상적인 증가 영향과 소유역 분할에 따른 결과라 판단하였다. 이상록(2010)은 기존의 PMP도를 이용하여 합천댐 유역의 PMP를 재산정한 뒤에 PMF를 산정하였다. PMF 산정 과정에서 합천댐 유역을 소유역으로 분할하지 않고 하나의 유역으로 설정하여 하나의 매개변수만 산정한 후에 HEC-HMS를 이용하여 PMF를 산정하였다. 그 결과 산정된 PMF는 기존의 설계 당시 산정된 PMF에 비해 약 33% 증가한 것으로 나타

났다. 이는 최근 이상기후 현상의 증가로 합천댐 건설 당시 추정된 PMP에 비해 이상록(2010)의 연구에 적용된 PMP가 21% 이상 증가한 것이 원인으로 판단된다. 채수권, 맹승진, 황주하, 김태우 외(2013)는 보령댐 유역을 대상으로 HEC-HMS를 이용하여 PMF를 추정하기 위해 대표 단위도의 최적 매개변수를 산정하였다. 매개변수의 민감도 분석 결과, 각각 매개변수들 중 도달시간과 저류상수가 가장 민감한 것으로 나타났다.

국외의 경우에는 Paulhus and Gilman(1953)이 처음으로 대기의 물리적 상태를 고려한 가능최대강수량에 대한 연구를 진행하였으며, Schreiner and Ridel(1978)은 수분 최대화와 호우 전이를 거쳐 호우를 최대화 시킨 후 호우 면적 10m<sup>2</sup>부터 2000m<sup>2</sup>, 호우 지속시간은 6시간부터 72시간까지의 PMP를 산정하였다. Hansen, Shreiner and Miller(1982)는 Schreiner and Ridel(1978)의 강우자료를 이용하여 시·공간적 분포를 고려한 PMP 산정 절차를 제시하였다.

PMP를 산정하기 위한 PMP를 추정하는 데 두 가지 접근법이 있다. 하나는 호우에 기초한 방법과 또 다른 하나는 구체적인 유역에 기초한 방법이다. 호우에 기초한 접근법은 호우지역과 설계 유역이 기상학적 동질성을 가진다는 가정하에 넓은 지역 안에서의 다양한 기간과 면적에 기초하는 방법이다. 또 다른 접근법은 설계 유역 안에서의 설계 강우량을 PMP로 전환하는데 기초한 방법이다. 호우에 기초한 방법은 넓은 지역 안에서 다양한 유역과 지속시간을 중점으로 두기 때문에 PMF 산정을 목적으로 한다면, 넓은 지역에서의 PMP를 설계 유역에 면적과 지속시간에 따라 PMP로 전환하여 적용해야 한다. 반면, 유역을 기초한 방법은 해당 유역 안에서 구체적인 요구사항들을 통해 주어진 기간 및 면적에 따라 PMP를 직접적으로 추정하는 데 중점을 둔다(World Meteorological Organization 2009).

World Meteorological Organization(2009)에서는 PMP

에 의해 결정되는 PMF의 침투 유출량 및 지속시간을 정확히 알고 수공 구조물을 설계하기 위해서는 유역에 기초한 접근법에 따라 설계 유역에서의 호우 특성을 정확히 파악하는 것이 중요하다고 하였다. 또한 다른 유역에서 발생한 호우를 전이시켜 설계 유역에 대해 PMP를 산정할 때는 기후 조건이 유사해야 하며 과거 유사한 홍수가 발생했던 유역으로 호우를 전이시키는 것이 타당하다고 제시하였다. 이에 따라 우리나라에서 PMP를 산정할 경우, 다른 유역에 발생한 호우를 연구 대상 유역으로 전이시켜 PMP를 산정하는데에 적절치 않은 결과를 나타낼 수 있다고 판단한다. 만약 2002년 강릉에 홍수피해를 발생시켰던 태풍 '루사'의 호우사상을 용담댐 유역으로 전이시켜 PMP를 산정한다면, 해안지역의 특징을 가지는 강릉과 내륙지역의 특징을 가지는 용담댐 유역의 기후 조건 차이가 다르기 때문에 비교적 해안지역에 비해 강수량이 적은 용담댐 유역에서 산정되는 기존의 PMP 및 PMF는 과대 산정 우려를 나타낼 수 있다고 판단하였다. 따라서 이미 기후에 따른 동질성을 고려하지 않고, 2002년 강릉과 같은 해안지역이나 기상이변이 잦고 홍수 빈도수가 많은 지역에서 내륙지역 또는 기상이변이 드물며 홍수 빈도수가 작은 지역으로 전이를 실시한 후, 산정된 PMP와 PMP에 따른 PMF를 이용하여 수공 구조물을 설계할 경우 호우 지역과 설계 유역의 이질성 및 유역의 특성을 고려하지 못하였기 때문에 과대 산정 우려가 있다고 판단한다. 따라서 기존의 호우를 중심으로 산정하는 PMP에 기초한 기존의 한국수자원학회(2005)와 국토해양부(2008)가 제시하고 있는 댐 설계 기준과 PMP 및 PMF 산정 지침에 대해 검토를 수행할 필요가 있다고 판단하였다. 본 논문에서는 내륙지역의 성격을 띠고 기상이변이 비교적 드문 용담댐 유역을 연구 대상 유역으로 선정하고 유역을 기반으로 강우의 시·공간성을 고려한 PMP-DAD 곡

선을 적용하였다. 그 후 유역 기반 PMP에 따른 PMF를 산정한 후 기존의 PMF와 비교·검토하였다.

본 논문의 PMP 산정 과정은 용담댐 유역에 적합한 Huff 분위를 검토한 후에 PMP를 시간분포화하여 우량주상도를 작성하였다. 그 후 용담댐 유역을 합류점에 따라 소유역으로 분할한 다음 각각의 유역별 매개변수를 산정하였다. 산정된 매개변수와 작성된 PMP의 우량주상도는 강우-유출 모형인 HEC-HMS에 적용하여 용담댐 유역의 PMF를 산정하였다.

## II. 강우의 시·공간성을 고려한 유역 기반의 PMP 산정

건설교통부는 호우 중심의 DAD 분석방법을 개발하여 2000년과 2004년에 기존의 PMP를 산정하였다. 우리나라 전역에서 발생하는 모든 호우사상을 이용하는 호우 중심 DAD 분석방법은 호우의 이동성을 고려하기 위해, 호우 내의 전 관측지점의 시간자료를 호우의 개시 시간부터 종료 시간까지 일정한 형태, 즉 동시우량 형태로 구축하여 분석한다. 분석된 DAD는 수문기상학적방법에 따라 PMP로 산정된다. 산정된 DAD는 공간적인 대상이 우리나라 전 유역이기 때문에 모든 유역에서 발생한 호우사상을 연구 대상 유역으로 전이시키고 수분 최대화가 실시되었다. 이에 따라 기존의 PMP는 해당 유역의 특성을 반영하기 어려우며 설계 우량값은 매우 크게 된다. 또한 기존의 PMP도를 이용한 방법 또한 기존의 방법에 의해 산정된 PMP를 PMP도로 작성한 것이기 때문에 같은 문제점을 지니게 된다.

### 1. 격자 기반의 DAD 분석

PMP 및 PMF 산정에 있어서 DAD 분석 방법은 매우

중요하다. 김남원, 원유승(2004)은 이동성 호우의 경우, DAD 분석 결과에서 상당한 오차를 야기하는 문제점을 지닌다고 주장하였다. 따라서 오차를 포함한 DAD의 산정 결과는 PMP 및 PMF 산정에도 영향을 미치기 때문에 정확도 높은 DAD 분석을 통한 PMP 및 PMF 산정이 요구된다.

Takara, Imamoto, Hayashu and Nakakita et al. (1999), Takara and Hashino(2000), Takara, Hashino, and Nakao(2001)의 연구에서는 레이더 자료와 지상데이터를 이용하여 DA 관계를 추정하기 위해 CAM(Constatnt Area Method)와 FRM(Fixed Rainfall Method)를 도입하였고 결과적으로 PMP의 추정을 위해서 FRM을 이용한 결과를 적용하였다. 또한 손계산으로 몇 개의 면적에 대한 면적 평균우량을 찾은 후 그 점을 연결하기 위해 DAD식을 최적화하여 포락선을 작성했다. Shin(2013)은 격자 기반의 시간강우량을 이용하여 원하는 크기의 면적에서 최대 면적우량을 찾기 위해 CAM과 FRM의 방법을 보완하여 강우의 실제 분포를 더 정확하게 고려할 수 있고, 격자를 기반으로 하여 DAD를 분석할 수 있는 방법을 개발하여 프로그래밍하였다. 프로그래밍된 방법은 이동성 호우와 같이 해석하기 어려운 강우의 시·공간적 분포를 고려하기 위해 고안된 DAD 분석 기법인 Box-tracking, Point-tracking, Average Point-tracking 방법이며 격자의 크기(1km, 0.5km, 0.25km)에 따른 민감도 분석을 실시한 결과 정확도 및 계산 시간을 고려하였을 때 1km의 격자를 사용하는 것이 효율적임을 제시하였다. 송미연(2014)은 Shin(2013)이 제시한 방법론과 기존에 사용되어 온 면적 고정형 DAD 분석 방법을 비교·분석하였으며, Shin(2013)의 방법이 기존 방법에 비하여 호우의 형태 및 다중 호우 중심을 분석하는 데 정확하고 효율적임을 제시하였다.

## 2. 유역 기반의 PMP-DAD 곡선 적용

본 논문에서는 유역 기반의 PMF를 산정하기 위해 김영규, 김연수, 유완식, 오성렬 외(2016)가 제시한 용담댐 유역을 기반으로 산정된 PMP-DAD 곡선을 적용하였다.

김영규, 김연수, 유완식, 오성렬 외(2016)는 용담댐 유역에 대하여 Shin(2013)이 제시한 Average Point-tracking 방법을 적용하여 강우의 시·공간성을 고려한 유역 기반의 DAD를 산정한 뒤, 수분 최대화비를 곱하여 PMP를 산정하였다. 그 결과 기존의 PMP에 비해 낮게 산정되었지만, 200년 빈도 24시간 면적확률강우량에 비해서는 높게 산정되었다. 이는 기존 용담댐 유역의 PMP는 한반도 전역에서 발생한 호우자료를 이용하여 PMP를 산정한 반면, 김영규, 김연수, 유완식, 오성렬 외(2016)가 산정한 PMP는 용담댐 유역만을 기반으로 PMP를 산정하였기 때문이라고 판단하였다.

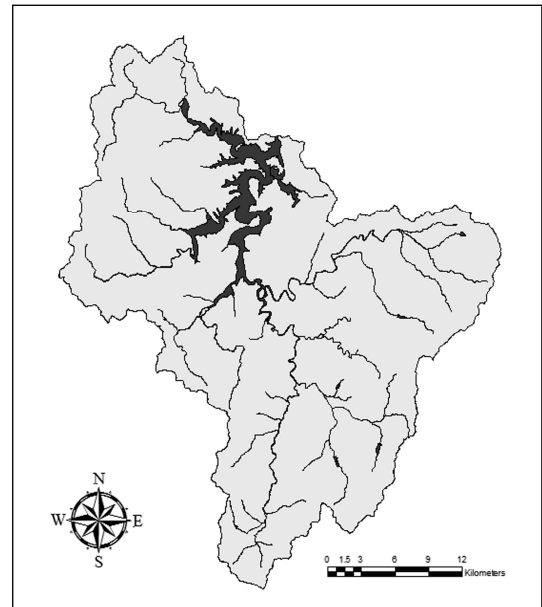
Shin(2013)이 제시한 격자 기반의 DAD 분석 방법은 PMP 및 PMF 산정에 적용되고 있지 않지만, 유역을 격자로 재구성하여 유역의 면적, 지속시간, 강우 특성을 고려함으로써 산정되는 DAD 분석방법은 “유역을 기초한 방법은 해당 유역 안에서 PMP를 직접적으로 추정하는 데 중점을 두어야 한다(World Meteorological Organization 2009)”는 유역 기반의 PMP 산정 목적에 적합하다고 판단하였다. 이에 따라 본 논문에서는 Shin(2013)이 제시한 DAD 분석방법을 적용하여 산정된 유역 기반의 PMP-DAD 곡선을 이용하여 PMF를 산정하였다. 그 후 산정된 PMF의 적용성을 검토하고자 기존에 제시되고 있는 PMF와 빈도 홍수량을 비교하였다.

## III. 유역 기반의 PMF 산정

### 1. 대상 유역 선정

본 논문의 대상 유역은 <Figure 1>과 같이 전북 진안군 안천면 삼락리에 위치한 용담댐 유역으로 선정했다. 용담댐 유역은 북위  $36^{\circ} 00' - 35^{\circ} 35'$ , 동경  $127^{\circ} 20' - 127^{\circ} 45'$ 에 해당하는 금강 유역의 최상류 지역이다. 용담댐 유역 내에는 총 13개의 우량관측소가 위치하며, 한국수자원공사는 이 중 7개소를 관리하고 기상청은 1개소, 국토해양부는 5개소를 관리하고 있다. 유역 면적은  $930\text{km}^2$ 로 금강 전체 유역 면적  $9,886\text{km}^2$ 의 약 9.45%를 차지하고 있다. 유로 연장은 65.0km, 동서간 최대 길이 39.5km, 남북간 최대 길이 49.2km, 유역의 평균 폭은 14.29km로, 금강 전체 유역 형상에 비해 비교적 정방형 유역 형태를 가지고 있다. 따라서 금강 전체 유역에 비해 홍수파 도달 시간이 짧고 침투 홍수량도 크다(국토교통부 2014).

Figure 1 \_ Catchment Map of Yongdam-dam



**Table 1** \_ Comparison of the PMF Estimation Procedure

Division	Existing PMF Estimation Method	New PMF Estimation Method
PMP Estimation Method	Storm-centered PMP Estimation	Basin-scale PMP Estimation
Temporal Distribution	Huff Method	Huff Method
Effective Rainfall	NRCS-CN	NRCS-CN
Unit Hydrograph	Clark Method	Clark Method
Time of Concentration	Kraven-II Equation	Continuous Kraven Equation
Storage Coefficient	Sabol Equation	Sabol Equation
Channel Routing Method	Muskingum Method	Muskingum Method

## 2. PMF 산정 절차 비교

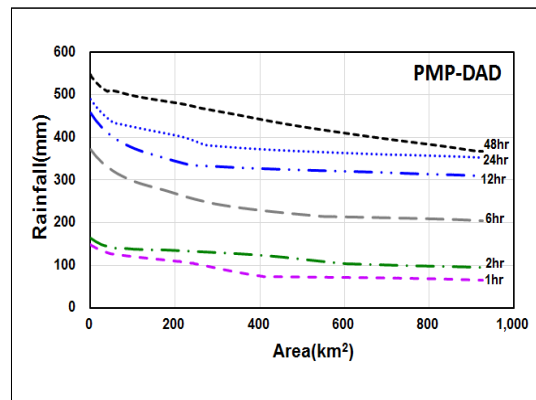
기존의 PMF 산정 연구와 본 논문에서 제시한 PMF 산정 방법의 비교는 <Table 1>과 같다. 기존 PMP의 경우는 호우 중심의 DAD 분석방법을 이용하여 산정되었다. 앞서 언급한 바와 같이 한반도 전체의 호우사상으로 DAD 관계를 작성할 때, 지속시간이 늘어날수록 호우 범위는 매우 넓어지고, 대상 유역의 특성을 제대로 반영하지 못하는 문제점이 있으므로 유역 기반으로 PMP를 산정할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 유역 기반의 PMP-DAD 곡선을 이용하여 PMF를 산정하였다. 강우의 시간분포를 위해 기존 연구와 본 논문 모두 Huff 방법을 적용하였으며, 유효강우, 대표 단위 또한 두 연구 모두 NRCS-CN 방법과 Clark 단위도법을 사용하였다. 반면에 도달시간 산정방법은 기존 연구 대부분이 Kraven-II 공식을 사용하고 있다. 하지만 현재 실무에서 가장 많이 사용되고 있는 Kraven-II 공식의 경우 경사 구간별 유속을 제시하고 있으므로 유속의 불연속이 발생하고 경사가 매우 완만한 구간 및 경사가 매우 급한 구간에는 적용하기 곤란한 문제점 등을 가지고 있다(국토해양부 2012). 이러한 문제점을 해결하기 위해 국토해양부(2012)는 급경사부와 완경사부의 유속을 보완한 연속형 Kraven 공식을 제안하였다. 이에 따라 본 논문은 연속형

Kraven 공식을 사용하여 각각 하도의 도달시간을 산정하였다. 또한 저류상수 산정에는 Sabol 공식, 하도추적 방법은 Muskingum 방법을 이용하였다.

## 3. PMP 산정

본 논문에서는 용담댐 유역 기반으로 산정된 PMP-DAD를 적용하였다. 지속시간 1시간, 2시간, 6시간, 12시간, 24시간, 48시간, 면적 25km<sup>2</sup>, 100km<sup>2</sup>, 200km<sup>2</sup>, 400km<sup>2</sup>, 800km<sup>2</sup>, 930km<sup>2</sup>별로 용담댐 유역의 PMP-DAD 곡선을 <Figure 2>와 같이 나타내었다. 용담댐 유역의 24시간 PMP는 352mm이고, 48시간의 PMP는

**Figure 2** \_ PMP-DAD Curve for Different Durations in Yongdam-dam Basin



368mm이다. 면적이 증가할수록 PMP-DAD 곡선의 기울기는 완만해지는 패턴을 가지고 있으며, 지속시간이 늘어날수록 PMP는 증가하는 것을 볼 수 있다.

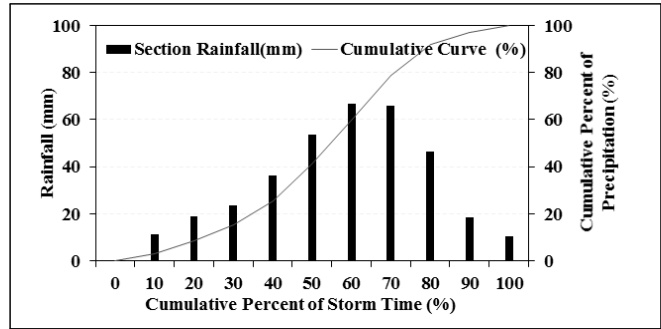
#### 4. 임계 지속기간

하천제방이나 배수시설은 홍수로 인하여 최대의 부하가 걸리는 상황에서 그 안전도가 보장되도록 설계되어야 하며, 설계 강우로부터 예측되는 유역의 첨두 홍수량 및 유출 수문 곡선은 강우의 지속시간에 따라 변한다. 따라서 변화하는 첨두 홍수량에 따라 가장 큰 부하를 유발하는 강우 지속시간으로 설계 시 최대 첨두 유량을 발생시키는 지속시간을 임계 지속기간이라 한다. 임계 지속기간은 시간분포에 앞서 결정되어야 한다. 국내의 PMF 산정 연구에서는 2004년 이전에는 일단위(day)로 설정하여 PMF를 산정하였다. 하지만 2004년 이후 건설교통부(2004)는 시간단위 개념의 임계 지속시간(hr)을 제시하여 PMF를 산정하였다. 건설교통부(2004)에서 용담댐 유역의 임계 지속시간을 24시간으로 설정하여 PMF를 산정하였기 때문에 본 논문에서는 기존의 PMF와 비교를 위해 기존의 방법과 마찬가지로 임계 지속시간을 24시간으로 설정한 뒤 PMF를 산정하였다.

#### 5. Huff의 시간분포

본 논문에서는 용담댐 유역의 PMP를 시간분포하기 위해서 유역 내에 위치한 기상청 관할 장수기상관측소의 무차원 누가 우량(국토해양부 2011)을 이용하였다. 이때 채택된 분위는 3분위다. <Figure 3>은 용담댐 유역의 24시간 PMP에 Huff 3분위를 적용하여

Figure 3\_ Temporal Distribution of the PMP Using Huff Curves for Youngdam-dam Basin



시간분포한 그래프다. 구간 우량은 각각의 누적 시간별 구간 우량을 나타낸 것이다. 60%일 때 가장 많은 구간 우량을 나타내었다. 또한 무차원 시간분포가 50~70%일 때 누가곡선의 기울기가 가장 급격했다.

#### 6. Clark 단위도법

유역의 대표 단위도는 다수의 호우사상별 강우-유출 자료로부터 유도될 수 있다. 하지만 자료의 제약과 관측 자료로부터의 단위도 유도가 곤란하기 때문에 대부분의 경우 미계측 유역에 적용하는 합성단위도 방법을 사용하고 있다. 합성단위도 방법에는 Clark 단위도법, Snyder 단위도법, NRCS 무차원단위도법 등이 있다.

Clark 단위도법은 유역의 도달 시간에 따른 누가면적 관계를 이용하여 자연하천 유역에 내리는 순간단위 유량도를 유도하는 방법으로 유역의 출구에 한 개의 선형저수지가 존재한다고 가정하고, 이 저수지로 각각의 시간구간별 유입량은 도달시간 구간별 면적에 내린 유효우량을 유량으로 환산한 값으로 계산한다. Clark 단위도법은 유역의 도달시간과 유역의 저류능을 대표하는 유역저류상수와 같이 두 개 매개변수의 결정만으로 단위도를 합성할 수 있을 뿐 아니라 다른 세 가지 방법과는 달리 지역성을 가지지 않는 비교적 객관적인

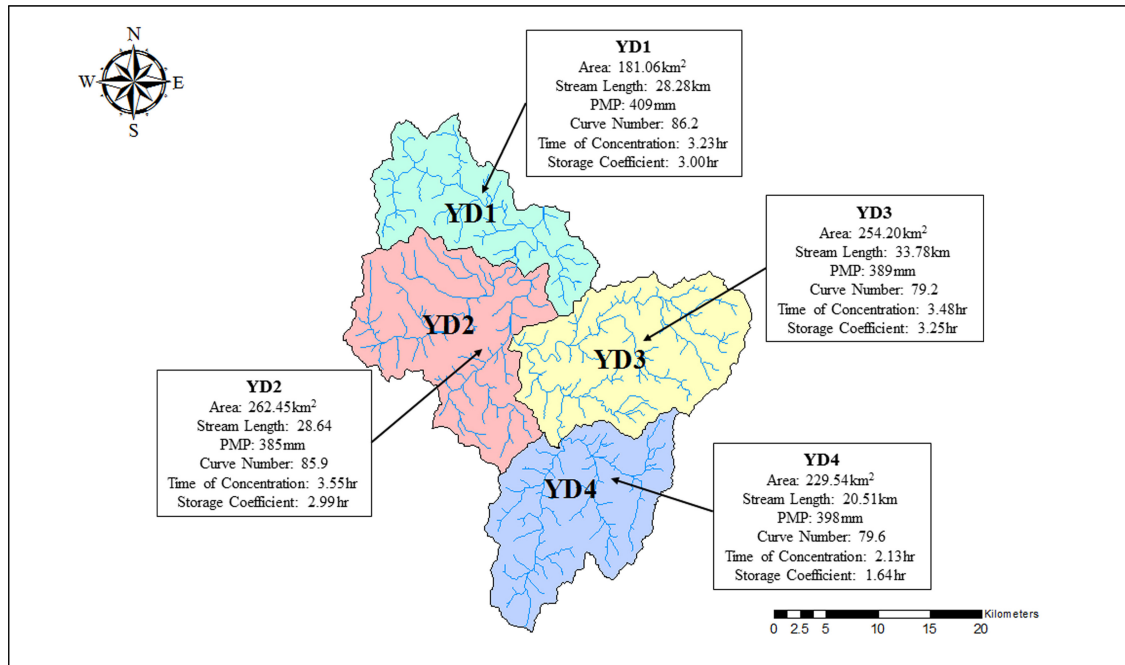
방법이다(국토해양부 2012). 따라서 본 논문에서는 Clark 단위도법을 채택하여 PMF를 산정하였다.

### 7. 소유역 분할 및 매개변수 산정

기존의 PMF 연구에서는 이상록(2010)과 같이 유역이 상대적으로 큰 유역임에도 하나의 하도로 PMF를 모의하였다. 하지만 이상록(2010)의 연구와 같이 대상 유역을 분할하지 않고 단일 유역으로 고려한 연구는 각 소유역들의 지형학적 매개변수의 평균값을 사용하기 때문에 대상 유역의 지형 특성을 제대로 반영하지 못하는 문제점이 있다(강민주 2009). 또한 강민주(2009)의 연구에서 대상 유역을 남강댐 유역으로 선정한 후 5개의 강우사상에 따라 유역 분할 기준에 따른 유출량을 모의하여 실측자료와 비교하였다. 그 결과 소유역 분할을 실시하지 않고 단일 유역의 침투 유출량을 산정한 경우보다 소유역의 분할개수가 증가할

수록 침투유출량이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 유출량의 실측값과 모의값의 상관관계를 나타내는 지표인 상관계수(coefficient of correction)를 이용하여 분석한 결과, 단일 유역보다는 소유역을 분할했을 경우 상관계수가 1에 가깝게 나타났다. 하지만 만약 소유역을 기준 없이 분할한다면, 소유역 분할 기준 등이 불일치하여 동일 하천에 대한 홍수량이 달리 산정되는 경우가 발생한다. 따라서 수계 내 일관성 있는 홍수량을 분석하고 유역의 특성을 확인 및 반영하기 용이하고, 지점별 홍수량의 증가 양상을 쉽게 파악하고자 국토교통부(2014)에서 제시한 소유역 분할을 참고하여 <Figure 4>와 같이 소유역으로 분할한 후에 각각의 유역별 매개변수를 산정하였다. 매개변수 중 김영규, 김연수, 유완식, 오성렬, 정관수(2016)가 제시한 PMP를 설계우량으로 보정 없이 적용한다면 PMF가 과소 산정될 가능성이 있다고 판단하였다. 이에 따라 소유역을 분할하여 PMP를 다시 산정한 후에 적용하였다.

Figure 4 \_ Estimated Parameters According to the 4 Sub-basins in Yongdam-dam Basin



적용된 PMP는 <Figure 2>의 24시간 PMP-DAD 곡선을 참고하여 소유역 면적에 따라 산정되었다. CN값은 정밀도양도와 토지피복도를 중첩시킨 후에 AMC-III 조건을 적용시켜 산정하였다. 도달시간의 경우에는 경사가 매우 완만한 구간과 매우 급한 구간에 적용할 수 있는 연속형 Kraven 공식을 이용하여 소유역별로 도달시간을 산정하였고 저류상수는 앞서 산정된 도달시간과 Sabol 공식을 이용하여 산정하였다. 하도의 홍수추적 매개변수를 산정하는 방법은 Muskingum 방법을 사용하였다.

#### IV. 용담댐 유역의 PMF 산정

##### 1. HEC-HMS

HEC-HMS 모형은 한 유역을 수문학·수리학적 구성요소로 이루어지는 복잡한 시스템으로 상호 연관에 의해서 나타내며, 이를 통해서 그 유역에 강우로 인한 지표면 유출을 모의하는 단일 사상 유출모형이다. HEC-1에서 출발한 HEC-HMS 모형은 HEC-1과 유사한 단위도 방법과 하도추적 방법을 바탕으로 레이다 자료 등의 격자망으로 구성된 강우량 자료에 적용할 수 있는 선형 분포형 모형이다. 국토해양부(2008)에서는 HEC-HMS 모형을 PMF 산정 지침모형으로 선정하였다. 따라서 본 논문에서는 HEC-HMS 모형을 이용하여 산정된 소유역별 매개변수를 입력하여 용담댐 유역의 PMF를 산정하였다.

#### 2. 모형의 검증

적용된 모형과 매개변수의 재현성 평가를 위해 첨두 상대오차(Relative Error: RE), 모형효율성지수(Efficient Index: EI)를 이용하였으며, 이는 각각 <식 1, 2>와 같이 정의된다.

$$RE = \frac{(Q_p - P_p)}{Q_p} \times 100 \quad \text{<식 1>}$$

$$EI = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (Q_t - P_t)^2}{\sum_{t=1}^N (O_t - \bar{O})^2} \quad \text{<식 2>}$$

여기서,  $N$ 은 자료의 개수,  $Q_t$ 와  $P_t$ 는 시간  $t$ 에서의 실측치와 모의치,  $Q_p$ 와  $P_p$ 는 첨두 시간에서의 실측치와 모의치,  $\bar{O}$ 는 실측치의 평균값을 나타낸다.

모형의 재현성을 평가하기 위해 <Table 2>와 같이 2003년 태풍 ‘매미’, 2005년 태풍 ‘맛사’, 2007년 태풍 ‘나리’의 강우사상을 이용하였다.

<Figure 5~7>은 각각 태풍 ‘매미’, ‘맛사’, ‘나리’의 강우사상을 적용한 모형의 검증 결과이며, 실측치와 모의치의 비교 결과 값은 <Table 3>과 같다. 검증 결과, 태풍 ‘매미’의 강우사상에 대한 유출 모의의 경우, RE는 16.9%, EI는 0.85로 분석되었고, 태풍 ‘맛사’의 강우사상에 대한 유출모의의 경우, RE는 22.8%, EI는 0.81로 분석되었다. 또한 태풍 ‘나리’의 강우사상의 경우 RE는 -29.4%, EI는 0.42로 분석되었다. 분석 결과,

Table 2\_ Historical Flood Events for Rainfall-Sediment Yield-Runoff Simulation

(unit: mm)

Event Number	Rainfall Duration	Total Rainfall	Typhoon
1	2003.9.11.21:00 ~ 9.15.16:00	128.24	Maemi
2	2005.8.2.10:00 ~ 8.6.07:00	217.02	Matsa
3	2007.9.14.06:00 ~ 9.20.14:00	153.15	Nari

Figure 5\_ Model Validation Performances for the 'Maemi' Event

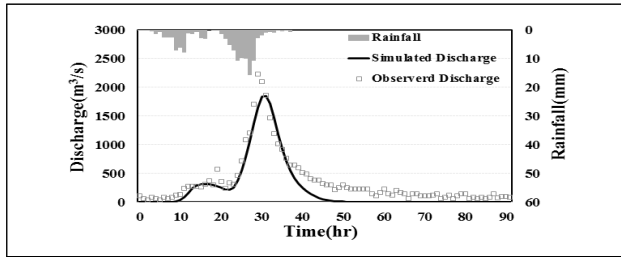


Figure 6\_ Model Validation Performances for the 'Matsa' Event

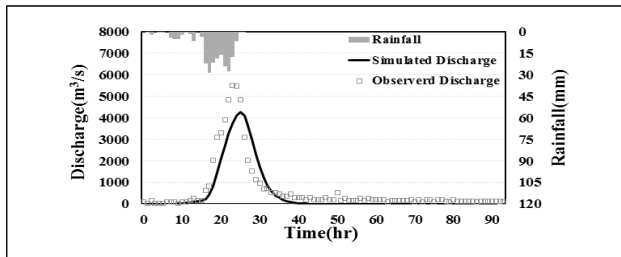


Figure 7\_ Model Validation Performances for the 'Nari' Event

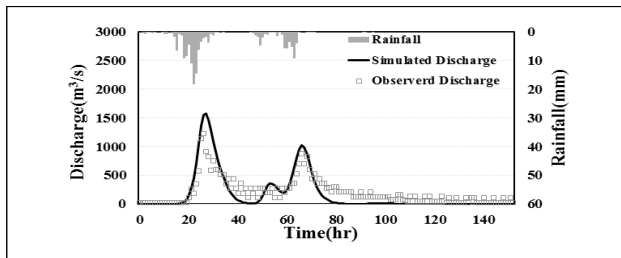


Table 3\_ Summary of Model Performances for the Three Historical Events

(unit: m<sup>3</sup>/s)

Typhoon	Item	Peak Discharge
Maemi	Observed	2227
	Simulated	1849.7
	RE(%)	16.9
	EI	0.85
Matsa	Observed	5519.2
	Simulated	4263.2
	RE(%)	22.8
	EI	0.81
Nari	Observed	1221.166
	Simulated	1579.6
	RE(%)	-29.4
	EI	0.42

태풍 '매미'의 경우 가장 좋은 재현성을 보였으며 태풍 '나리'의 강우사상에 대한 재현성이 가장 낮았다. 침투시간의 분석 결과 태풍 '매미'와 '맛사'의 침투 유량이 실측치에 비해 2시간 늦게 발생하였으며, 태풍 '나리'의 침투 유량은 실측치에 비해 1시간 늦게 발생한 것을 볼 수 있었다. 실측유량과 모형의 검증 결과에 차이가 발생하는 이유는 동일한 강우량에 따른 결과라도 모형에 적용하는 소유역의 구성에 따라 소유역 유출량, 하도의 흐름 영향 및 합류 시점 등이 달라지기 때문으로 판단된다. 또한 '매미', '맛사'와 '나리'의 침투 시간의 차이는 강우 형태에 의한 결과로 판단된다.

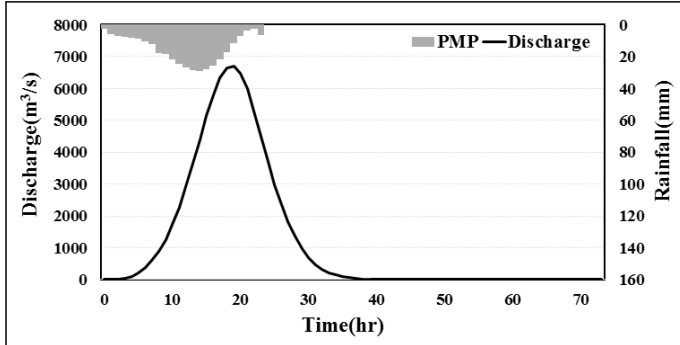
### 3. PMF 산정

본 논문에서는 HEC-HMS 모형을 이용하여 용담댐 유역의 PMP와 각 소유역별 매개변수를 적용한 후에 PMF를 산정하였다. HEC-HMS 모형과 용담댐 유역 기반의 24시간의 PMP를 적용하여 작성된 유출 수문 곡선은 <Figure 8>과 같다. 침투 발생시간은 용담댐 유역에 PMP가 내리기 시작하고 20시간이 지난 후였다. 20시간이 지난 후에 발생한 침투 유출량은 6,692m<sup>3</sup>/s로 산정되었다.

### 4. 용담댐 유역의 PMF 산정 결과 비교

기존의 PMP 및 PMF와 본 논문에서 적용된 PMP 및 PMF를 비교 분석한 후, 유역 기반으로 산정된 PMP 및 PMF가 과소 산정에 문제점을 가지고 있는지 판단하기 위해 빈도

**Figure 8\_ Estimated Hydrograph According to 24-Hour PMP in Yongdam-dam Basin**



별 확률강우량과 비교 분석하였다. 금강 유역의 기본 및 계획홍수량 채택 빈도는 행정중심복합도시의 중요성 및 당해 하천의 지형적 특성, 연안 토지이용 현황, 하천 설계 기준의 수공 구조물의 설계 빈도 및 하천의 중요도와 계획 규모, 기 고시된 홍수량의 계획 빈도 등을 종합적으로 고려하였을 때 200년 빈도로 설정되었으며, 그 외 구간에 대해서는 100년 빈도로 설정되었다. 따라서 200년 빈도의 확률강우량이 본 논문에서 적용된 PMP 및 PMF에 과소 산정 여부를 판단하는

지표로 가장 합리적이라고 판단하여 200년 빈도 확률강우량 및 홍수량과 비교 분석하였다. 비교된 각각의 PMP는 <Table 4>와 같고 PMF는 <Table 5>와 같다. 기존 용담댐 유역의 지속 시간 24시간 PMP는 578mm인 반면, 유역 규모의 PMP는 352mm로, 기존의 PMP가 1.6배 이상 큰 것으로 나타났다. 기존 PMP 산정방법에서는 본 논문과 달리 한반도 전역에서 발생한 호우사상을 선택하여 PMP를 산정한

것이 원인으로 판단되며, 반면 유역 규모의 PMP는 용담댐 유역을 기반으로 PMP를 산정하였고, 용담댐 유역에서의 호우사상만을 선택하였기 때문에 PMP의 차이가 큰 것으로 보인다(김영규, 김연수, 유완식, 오성렬 외 2016). 유역 규모의 PMP가 과소 산정되었는지 판단하기 위해 설계 홍수량의 근간이 되는 면적 확률강우량(국토해양부 2009)과 비교한 결과 200년 빈도 24시간 면적 확률강우량 261.2mm에 비하여 약

**Table 4\_ Comparison Analysis between PMP and Design Rainfalls**

(unit: mm)

Division	Rainfall
24-Hour PMP Estimation Using Existing Method (Ministry of Construction and Transportation 2004)	578
200-Year 24-Hour Areal Rainfall Frequency (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs 2009)	261.2
24- PMP Estimation Using Basin-scale PMP Estimation Method (Kim, Kim, Yu and Oh et al. 2016)	352

**Table 5\_ Comparison between PMF and Design Floods in Yongdam-dam Basin**

(unit: m³/s)

Division	Discharge
PMF Estimation Using Existing Method (Ministry of Construction and Transportation 2004)	10,760
200-Year Flood Frequency Using Clark Unit Hydrograph (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs 2009)	4,445
PMF Estimation Using Basin-scale PMP	6,692

1.35배 큰 것을 알 수 있었다. 이에 따라 기존 용담댐 유역의 PMP보다는 낮게 산정되었지만, 금강 유역의 기본 및 계획홍수량 채택 빈도인 200년 빈도의 면적 확률강우량보다는 높게 산정되었기 때문에 과소 산정의 위험성이 적다고 판단하였다.

기존에 산정된 용담댐 유역의 PMF는 1만 760m<sup>3</sup>/s다(건설교통부 2004b). 본 논문에서 산정된 PMF는 6,692m<sup>3</sup>/s로 기존의 PMF가 약 1.61배 이상 큰 것으로 나타났다. 기존 PMF와 비교한 후 본 논문에서 산정한 PMF가 과소 산정되었는지를 판단하기 위해 용담댐 유역의 200년 빈도 홍수량과 비교한 결과, 본 논문에서 산정된 PMF가 200년 빈도 홍수량인 4,445m<sup>3</sup>/s에 비하여 1.51배 이상 크게 산정되었다. 이는 PMP와 마찬가지로 기존의 용담댐 유역의 PMF보다는 낮게 산정되었지만, 본 논문에서 산정한 PMF가 200년 빈도의 홍수량보다는 1.51배 이상 높게 산정되었기 때문에 과소 산정의 위험성을 벗어났다고 판단하였다.

## V. 결론

본 논문에서는 용담댐 유역 내에서 발생한 호우 중 호우경보와 호우주의보의 기준이 되는 호우를 이용하여 유역 기반의 PMP-DAD 곡선을 산정하였다(김영규, 김연수, 유완식, 오성렬 외 2016). 산정된 유역 기반의 PMP-DAD 곡선을 임계 지속시간 24시간으로 제한하고 Huff 방법의 3분위를 통해 시간분포화한 후 용담댐 유역을 소유역으로 분할하였다. 분할된 소유역은 NRCS-CN 방법, 연속형 Kraven 공식, Sabol 공식, Muskingum 방법을 이용하여 소유역별 매개변수를 산정하였다. 그 후 시간분포화한 PMP와 용담댐 유역의 소유역별 매개변수를 HEC-HMS에 입력하여 용담댐 유역의 자료를 기반으로 PMF를 산정하였다.

본 논문에서 적용 및 산정한 유역 기반의 PMP 및

PMF는 유역 내에 내렸던 호우사상만을 이용하였고, 호우 전이에 따른 전이비를 고려하지 않았다. 또한 해당 유역 안에서 호우의 시·공간성만을 고려하였기 때문에 해당 유역 이외에 한반도 모든 유역에서 발생했던 호우를 이용하여 산정된 기존의 PMP는 그 차이가 클 수밖에 없을 것으로 판단된다. 기존의 PMP 및 PMF는 1만 년 빈도의 확률적 개념으로서 초과 위험이 없는 설계 우량이다. 하지만 기존의 PMP 및 PMF 산정 절차에 따라 산정한다면 해당 유역의 특성을 반영하기 어려운 것은 물론, 과대 산정의 우려가 발생한다고 판단한다. 이에 따라 본 논문에서는 사실상 1만 년 빈도에 가까운 강우량은 아니지만, 유역의 특성을 반영하고 과소 산정 여부의 판별을 통해 산정된 유역 기반의 PMP-DAD 곡선을 기상이변이 잦지 않고, 비교적 홍수 위험도가 떨어지는 지역에서의 설계지표로 제안하고자 유역 기반의 PMP-DAD 곡선을 통해 PMF를 산정하여 제시하였다. 그 결과, 유역을 기반으로 산정된 PMF는 기존의 PMF보다는 작게 산정되었지만 200년 빈도 홍수량보다는 높게 산정되었다.

이에 따라 기존의 지침에 따른 PMP 및 PMF는 범람 가능성이 크고 기상이변이 잦은 지역에서는 합리 적일 수 있지만, 홍수 위험도가 낮고 기상이변이 잦지 않은 지역에서 적용하기에는 과대 산정 우려가 있는 것으로 판단된다. 따라서 본 논문에서 산정한 PMF와 PMF 산정방법은 유역별 홍수 위험도에 따라 분류하여 기존의 PMF 산정방법과 본 논문에서 제안한 PMF 산정방법을 적절히 구분하여 적용한다면 과대 산정 가능성을 줄인 PMF 및 설계홍수량 산정 등에 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 하지만 위험도에 따라 홍수량 산정 등에 활용하기 위해서는 본 논문에서 적용한 용담댐 유역 이외에 여러 유역에 적용성을 평가할 필요가 있으며, 본 논문에서 적용된 PMP는 역거리법을 이용하여 산정되었기 때문에 역거리법 이외의 강우를

공간분포화하는 여러 방법을 이용하여 어떠한 방법이 가장 적절한 PMP 산정 결과를 나타낼 수 있는지 평가가 필요하다. 또한 기존의 PMP 및 PMF 산정 절차지침(국토해양부 2008)에서는 HEC-HMS 모형을 PMF 산정모형으로 채택하고 있지만, HEC-HMS 이외에 다른 모형에도 적용하여 PMF 산정을 실시할 필요가 있다고 본다. 본 논문에서 적용한 HEC-HMS는 집중형 모형(lumped model)으로 공간적으로 유역의 수문학적, 지형학적 이질성(heterogeneity)을 고려하지 못하는 한계가 있다. 따라서 유역의 시공간적 변동성을 분석하기 위해서는 분포형 수문모형의 적용 및 검토가 필요할 것으로 판단된다. 유역 규모의 PMP를 분포형 수문모형에 적용한다면 보다 정확한 유역 내의 시·공간적 유출 특성을 분석할 수 있을 것으로 기대한다.

#### 참고문헌 •••••

1. 강민주. 2009. 유역분할에 따른 남강댐 가능최대홍수량 추정. 석사학위논문, 경상대학교.  
Kang Minju. 2009. *Estimation of the Nam River Dam's PMF by the Dividing Watershed*. M.S. diss., GyeongSang National University.
2. 건설교통부. 2000. 한국가능최대강수량추정. 과천: 건설교통부. Ministry of Construction and Transportation. 2000. *Estimation of Probable Maximum Precipitation in Korea*. Gwacheon: Ministry of Construction and Transportation.
3. \_\_\_\_\_. 2004a. 전국 PMP도 재산정 보고서. 과천: 건설교통부. \_\_\_\_\_. 2004a. *Renewable Report of PMP Map in Korea*. Gwacheon: Ministry of Construction and Transportation.
4. \_\_\_\_\_. 2004b. 댐의 수문학적 안정성 검토 및 치수능력 증대 기본계획 수립 보고서. 과천: 건설교통부. \_\_\_\_\_. 2004b. *Analysis on Hydrological Stability of Dam and Master Plan for Flood Control Capability Increase*. Gwacheon: Ministry of Construction and Transportation.
5. 건설부. 1988. 한국가능최대강수량추정. 과천: 건설부. Ministry of Construction. 1988. *Estimation of Probable Maximum*

*Precipitation in Korea*. Gwacheon: Ministry of Construction.

6. 국토교통부. 2014. 금강 하천기본계획. 대전: 대전지방국토관리청. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2014. *River Improvement Plan of the Geum River*. Daejeon: Daejeon Regional Office of Construction Management.
7. 국토해양부. 2008. PMP 및 PMF 산정절차 지침. 과천: 국토해양부. Ministry of Land, Infrastructure and Maritime Affairs. 2008. *PMP and PMF Estimation Procedure Guidelines*. Gwacheon: Ministry of Land, Infrastructure and Maritime Affairs.
8. \_\_\_\_\_. 2009. 금강수계 하천기본계획. 대전: 대전지방국토관리청. \_\_\_\_\_. 2009. *River Improvement Plan of the Geum River*. Daejeon: Daejeon Regional Office of Construction Management.
9. \_\_\_\_\_. 2011. 확률강우량도 개선 및 보완 연구. 과천: 국토해양부. \_\_\_\_\_. 2011. *Study on Improvement and Supplement of Probability Rainfall in South Korea*. Gwacheon: Ministry of Land, Infrastructure and Maritime Affairs.
10. \_\_\_\_\_. 2012. 설계홍수량 산정요령. 과천: 국토해양부. \_\_\_\_\_. 2012. *Guideline of Design Flood Estimation*. Gwacheon: Ministry of Land, Infrastructure and Maritime Affairs.
12. 김남원, 원유승. 2004. 호우이동을 고려한 DAD 분석방법. 한국수자원학회지 37권, 5호: 437-448.  
Kim Namwon and Won Yooseung. 2004. DAD analysis on storm movement. *Journal of Korea Water Resources Association* 37, no.5: 437-448.
13. 김영규, 김연수, 유완식, 오성렬, 정관수. 2016. 시·공간적 특성을 고려한 유역규모의 PMP 산정방법 개발. 한국방재학회지 16권, 1호: 51-61.  
Kim Youngkyu, Kim Yeonsu, Yu Wansik, Oh Sungryul and Jung Kwansu. 2016. Development of basin-scale PMP estimation method by considering spatio-temporal characteristic. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 16, no.1: 51-61.
14. 김은희, 김맹기, 이우섭. 2005. 최근 30년간 한반도 일 강수 강도의 지역적 특성. 한국지구과학회지 26권, 5호: 404-416.  
Kim Eunhee, Kim Maengki and Lee Wooseop. 2005. The regional characteristics of daily precipitation intensity in Korea for recent 30 years. *Journal of Korean Earth Science Society* 26, no.5: 404-416.

15. 송미연. 2014. GIS기반의 호우 탐색기법을 이용한 DAD 분석. 석사학위논문, 충남대학교.  
Song Miyeon. 2014. *DAD Analysis Using GIS-based Rain Search Method*. M.S. diss., Chungnam National University.
16. 이상록. 2010. 합천댐 유역의 가능최대홍수량 산정. 석사학위논문, 경상대학교.  
Lee Sangrok. 2010. *Calculation for the Probable Maximum Flood of the Hapcheon Dam Watershed*. M.S. diss., GyeongSang National University.
17. 채수권, 맹승진, 황주하, 김태우, 김형상. 2013. PMF 산정을 위한 단위도의 최적 매개변수 추정. 한국위기관리논집 9권, 2호: 147-162.  
Chae Sookwon, Maeng Seungjin, Hwang Juha, Kim Taewoo and Kim HyungSan. 2013. Parameter estimation of unit hydrograph for derivation of probable maximum flood. *Korean Review of Crisis and Emergency Management* 9, no.2: 147-162.
18. 한국개발연구원. 2007. 댐 설계기준의 적정성 검토. 서울: 한국개발연구원.  
Korea Development Institute. 2007. *Evaluation of Dam Design Criteria*. Seoul: Korea Development Institute.
19. 한국수자원공사. 2012. 댐 운영 실무편람. 내부자료  
K-water. 2012. *Dam operation manual*. Unpublished manuscript.
20. 한국수자원학회. 2005. 댐 설계기준. 서울: 한국수자원학회.  
Korea Water Resources Association. 2005. *Dam Design Criteria*. Seoul: Korea Water Resources Association.
21. Hansen, E. M., Schreiner, L. C., and Miller, J. F. 1982. *Application of Probable Maximum Precipitation Estimates*. Washington D.C.: NOAA.
22. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate Change 2014 Synthesis Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
23. Paulhus, J. L. H. and Gilman, C. S. 1953. Evaluation of Probable Maximum Precipitation. *Eos. T. Am. Geophys* 34, no.5: 701-708.
24. Schreiner, L. C. and Ridell, J. T. 1978. *Probable Maximum Precipitation Estimates*. Washington, D.C.: NOAA.
25. Shin, Y. A. 2013. *Grid-Based Spatial and Temporal Approaches to Depth-Area-Duration Rainfall Analysis*. M.S. diss., Kyoto University.
26. Takara, K. and Hashino, T. 2000. DAD analysis using radar raingages and PMF estimation in the Naka river. *DPRI* 43, B-2: 167-176.
27. Takara, K., Hashino, T. and Nakao, T. 2001. Application of radar raingage and nonlinear optimization to DAD analysis. *Japan Society of Civil Engineers* 691: 1-11.
28. Takara, K., Imamoto, H., Hayashu., T., Nakakita, E., Ichikawa, Y., Hashino, T. and Nakamura, Y. 1999. Storm and flood disaster in the Nakagawa basin in 1998. *DPRI* 42, B-2: 235-253.
29. World Meteorological Organization(WMO). 2009. *Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation*, Geneva: World Meteorological Organization.

- 
- 논문 접수일: 2016. 10. 20
  - 심사 시작일: 2016. 11. 1
  - 심사 완료일: 2016. 11. 28

---

## 요약

주제어: 유역 규모의 PMP 산정, 유역 기반의 PMF 산정, 용담댐

본 논문에서는 강우의 시·공간적 특성을 고려한 유역 기반의 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood: PMF)을 산정하여 기존에 산정된 PMF와 비교 분석하였다. PMF란 대규모 수공 구조물을 설계하고자 할 때 막대한 경제적 손실 및 인명피해를 막기 위해 기준으로 삼는 설계홍수량이다.

본 논문에서는 강우의 시·공간적 특성을 고려한

유역 기반의 PMP를 이용하여 용담댐 유역의 PMF를 산정하였다. 산정된 PMF를 기존에 산정된 PMF와 200년 빈도 홍수량과 비교한 결과, 기존에 산정된 PMF보다 낮게 산정되었지만, 200년 빈도 홍수량보다는 크게 산정된 것을 볼 수 있었다. 따라서 추후 고려를 통해 홍수 위험도에 따라 구분하여 사용한다면 과대 산정 가능성을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.