

한강유역의 다목적댐 운영에 따른 빈도홍수량의 평가

Assessment of Probability Flood according to the Flow Regulation by Multi-purpose Dams in Han-River Basin

김 남 원* / 이 정 은**

Kim, Nam Won / Lee, Jeong Eun

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the variation of probability flood according to the flow regulation by multi-purpose dams (Soyang and Chungju) in the Han-river basin, Korea. SWAT-K (Soil and Water Assessment Tool-Korea) was used in order to generate regulated and unregulated daily streamflows upstream of Paldang dam. Simulated flow regulated by the Soyang and Chungju dams was calibrated by comparison with the observed inflow data at Paldang reservoir. Generally the ratio of flood flows to daily streamflows is known to decrease with drainage area in a watershed. Regulated and unregulated flood flows were obtained from the relationship between flood flows and daily streamflows. Extreme Type-I distribution was applied for flood frequency analysis and L-moment method was used for parameter estimation. This is a novel approach capable of understanding the variation in flood frequency with dam operation for the relatively large watershed scale, and this will help improve the applicability of daily stream flow data for use in flood control as well as in water utilization.

keywords : SWAT-K, Regulated and unregulated streamflows, Flood frequency analysis, L-moment method

요 지

본 연구에서는 팔당댐 지점을 중심으로 상류에 위치하고 있는 소양강, 충주 다목적댐 운영에 따른 빈도홍수량의 거동변화를 분석하고자 하였다. 이를 연구하기 위해서는 동일기간의 댐운영 여부에 따른 두 계열(조절유량, 비조절유량)의 홍수량 자료를 합리적으로 획득하는 것이 무엇보다 중요하다. 홍수량 산정을 위해서는 단기 강우-유출모형을 이용해야 하지만, 계산의 어려움과 유역의 비선형으로 인해 그 결과를 증명하기 매우 어려운 현실이다. 따라서 상대적으로 유역면적이 클수록 일유량과 홍수량의 관계가 비교적 일정한 경향을 보인다는 점에 착안하여, 장기유출모형인 SWAT-K를 이용하여 댐운영 여부에 따른 두 계열의 일유량을 모의하였다. 일유량과 홍수량의 상관관계로 모의된 일유량을 홍수량으로 유도한 후, 댐운영 여부에 따른 빈도홍수량의 변화특성을 파악하였다. 홍수빈도분석을 위해 사용된 분포는 Extreme Type-I이며, 매개변수 추정은 L-moment 방법을 이용하였다. 연구결과에 따르면, 소양강, 충주 두 다목적댐 운영이 이루어지지 않은 상황에 대한 팔당댐 지점에서의 100년 빈도홍수량에 비하여, 소양강댐,

* 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수자원연구실 책임연구원

Research Fellow, Water Resources Research Division, Water Resources & Environment Research Department, Korea Institute of Construction Technology, Goyang-Si 411-712, Korea

** 교신저자, 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수자원연구실 연구원

Corresponding Author, Researcher, Water Resources Research Division, Water Resources & Environment Research Department, Korea Institute of Construction Technology, Goyang-Si 411-712, Korea

(e-mail: jeus22@kict.re.kr)

충주댐, 소양강과 충주댐의 운영유무에 따른 3가지 시나리오에 대한 빈도홍수량은 각각 91, 83, 71 % 규모로 분석되었다. 본 연구는 유역면적이 상대적으로 넓은 유역에서 댐운영 여부에 따른 빈도홍수량의 변화를 파악할 수 있는 새로운 시도였다. 이는 일유량 자료의 이용 및 분석에 있어 이수적인 측면뿐만 아니라 치수적인 측면에서의 활용성을 높일 것으로 판단된다.

핵심용어 : SWAT-K, 조절유량, 비조절유량, 홍수빈도분석, L-moment 방법

1. 서론

댐의 하류부에 위치하고 있는 하천유량은 댐운영에 의해 조절된 유량으로서, 이수기에는 댐공급량으로 인해 유량이 증가하고 홍수기에는 댐의 홍수조절효과로 첨두유량이 감소하는 것이 일반적이다. 이와 같이 댐건설 및 운영시점 전·후의 유량 변화가 심하게 발생하여, 국내 주요 수공구조물의 설계지표가 되고 있는 빈도홍수량 계산시에도 많은 어려움이 발생한다. 따라서, 국내외를 막론하고 댐운영으로 인한 빈도홍수량 변화에 관한 연구가 이루어져 왔으나, 댐이 건설되어 운영되는 시점의 전·후기간에 대한 비교연구가 주로 수행되었으며, 댐운영으로 인한 홍수량 변화의 특성을 충분히 설명하지는 못하고 있다.

본 연구는 댐 운영전·후 상황의 홍수량 자료획득 방법에 따라 그 결과가 매우 달라지기 때문에, 각 상황에서의 합리적인 홍수량 산정방법이 중요한 관건이 된다. 대상유역으로 선정한 팔당댐 상류유역은 매우 넓은 유역면적을 가지고 있기 때문에 첨두유량과 일유량의 관계가 비교적 일정함을 감안하여, 장기유출모형을 이용하여 댐운영 전·후 상황의 일유출량을 산정하여 첨두유량의 변화를 비교하는 절차를 시도하였다. 이 방법에 따라 유역면적이 상대적으로 넓은 지역에서 댐 개발 전후에 따른 빈도홍수량의 변화를 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 일유량 자료의 이용 및 분석에 있어 이수적인 측면뿐만 아니라 치수적인 측면에서도 보다 활용성이 높아질 것으로 보인다.

이와 관련된 연구로 국내에서는 원석연과 윤용남(1993)이 일평균유량 자료와 첨두홍수량 간의 관계를 분석한 바 있으며, 이승재 등(1995)은 과거홍수정보를 이용한 방법으로 한강 고안지점의 빈도홍수량을 산정하였다. 김남원과 최한규(1996)는 일유량 자료의 통계적인 특성을 이용하여 첨두유량의 통계적인 특성을 유추하기 위해 미계측 유역에 주로 이용되는 유량계열의 평균치와 분위수의 거동특성을 분석한 바 있다. 또한, 윤용남과 원석연(1998)은 한강 인도교 지점에서 댐군의 홍수조절효과를 고려한 빈도홍수량 산정에 관한 연구를 수

행한 바 있다. 김남원과 원유승(2004)의 경우에는 4대강 유역에 대한 빈도홍수량을 제시하였으나, 기존 자료의 한계로 인하여 댐에 의한 빈도홍수량의 특성을 충분히 파악하지 못한 실정이다. 국외연구로 Smakhtin(1999)은 비선형 공간 내삽법(non-linear spatial interpolation technique)을 이용하여 대상지점의 자연유량을 추정하였으나, 상류지점의 유량자료가 없다면 해석이 불가능하다는 한계를 지니고 있다. Peters and Prowse(2001)는 수문모형인 SSARR 모형과 수리학적 홍수추적 모형의 조합으로 조절효과가 없는 일단위 자연유량을 추정할 바 있으며, 댐조절로 인한 일유량은 자연유량 연최대치에 비해 35 % 작게 분석되었다. 또한, Nicola *et al.*(2004)은 분포형 강우-유출모형을 이용하여 저수지 시스템에 의한 홍수수문곡선 감소효과를 분석한 바 있다.

2. 빈도홍수량 평가를 위한 개념 및 절차

2.1 빈도홍수량 평가 범위

팔당댐 상류유역에는 소양강, 충주, 화천댐과 같은 원천댐이 위치하고 있으며, 북한강 수계 내에는 춘천, 의암, 청평댐이 위치하고 있다. 본 연구에서는 홍수조절 효과가 상당한 대규모 두 다목적댐인 소양강, 충주댐의 운영 유무에 따른 팔당댐 지점에서의 빈도홍수량의 변화를 평가하는 것이다. 이러한 빈도홍수량의 변화는 소양강, 충주댐의 운영효과라 할 수 있다. 화천댐의 경우, 유역계의 변화 즉, 화천댐 상류유역에 위치한 임남댐의 건설형태 파악이 불가능하며, 또한 북한의 자료를 알 수 없기 때문에 평가에서 제외하였다. 팔당댐과 소양강, 화천댐의 중간유역에 위치한 발전전용댐인 춘천, 의암, 청평댐의 경우에는 각 댐의 저류효과를 생각할 수 있으나, 기왕 발생한 주요홍수인 1984, 1990, 1995년의 대홍수시 한강수계내 각 댐의 홍수조절능력을 분석한 결과에 따르면 발전전용댐의 효과는 거의 없었다(건설교통부, 1997). 따라서, 발전전용댐의 홍수조절효과는 미미하다고 가정하여 마찬가지로 평가범위에서 제외하였다. 분석 시작시점은 충주댐이 건설되어 운영된 시점인

1986년으로 하였다. 이는 모의 저수지 운영을 통한 각 댐의 유입량, 방류량 자료가 아닌 각 댐의 실측자료(유입량, 방류량)에 근거한 분석을 위함이다.

2.2 팔당댐 지점의 일유량 사용

빈도홍수량의 평가는 첨두유량에 의해서 이루어지는데(김남원과 원유승, 2004), 팔당댐 지점에서의 첨두유량은 상류에 위치한 소양강, 충주, 화천댐의 영향을 받는다. 상대적으로 일정한 도달시간 및 집중시간 등에 의해 일자료인 평균홍수량과 시자료인 첨두홍수량의 관계는 일정하다고 할 수 있다. 또한 상대적으로 유역면적이 작을수록 일유량과 첨두유량의 관계가 불확실한 반면에, 유역면적이 증가할수록 그 관계는 명확하게 나타난다고 할 수 있다.

Fig. 1은 소양강, 충주, 팔당댐의 연최대 일유입량과 시유입량 자료(1986~2005년)를 분석한 것으로 각 댐 상류유역의 면적에 따른 일유량에 대한 첨두유량의 평균비를 도시하였으며, 그 값은 각각 1.81, 1.53, 1.38로 나타났다. 유역면적이 증가할수록 첨두유량과 일유량의 평균비는 감소하고 있으며, 이는 첨두유량과 일유량 관계의 불확실성이 줄어든다는 것을 의미한다. Fuller (1914)에 의하면 팔당댐 유역면적에 해당하는 유역에서의 첨두유량과 일유량의 비는 1.13 정도의 관계를 가진다. Fig. 2는 팔당댐 지점 유입량의 연별 연최대 첨두유량과 일유량의 비와 그 평균을 나타내고 있다.

Fig. 3은 팔당댐 지점의 일단위, 시단위 실측유입량(1986~2005년)에 대하여 각각 연최대치 계열을 작성한 후, 홍수빈도분석을 수행한 결과이다. 홍수빈도분석 수행을 위하여 적정분포형으로는 Extreme Type I을 선정하였으며, 매개변수 추정방법으로는 Hosking(1990)의 L-moment 방법을 이용하였다. 재현기간 2, 5, 10, 20, 50, 100년에 해당하는 빈도홍수량을 검토해보면, 첨두유

량과 일유량의 빈도홍수량비는 1.34 정도임을 알 수 있다. 이는 앞서 팔당댐 지점에서의 첨두유량과 일유량의 비인 1.38과 비교해보면, 거의 유사함을 확인할 수 있다. 따라서 첨두유량과 일유량의 관계를 이용하여 빈도홍수량의 특성을 논의하는 것은 그 타당성이 있다고 할 수 있다.

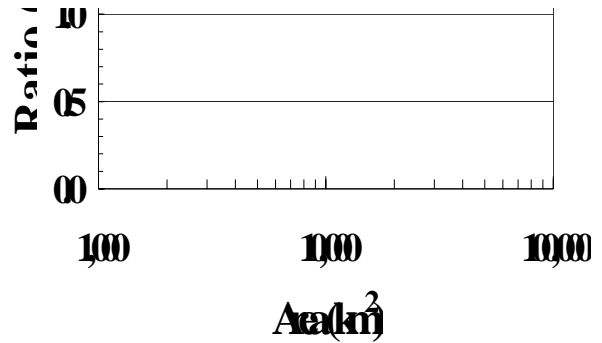


Fig. 1. Average Ratio of Annual Maximum Hourly and Daily Flood

2.3 댐운영 유무에 따른 유출모의 개념

현재 팔당댐에서의 유입량은 상류에 위치하고 있는 충주, 소양강, 그리고 화천댐의 영향을 받아서 조절된 홍수량이다. 댐의 운영으로 인하여 조절되지 않은 홍수량에 대한 실측자료는 존재하지 않을뿐더러, 빈도분석 역시 불가능하다. 물론 이에 대한 해석은 현재 한강홍수통제소에서 구축되어 있는 저류함수모형과 같은 단기강우-유출모형으로 댐이 운영되지 않는 상황에 대한 홍수량 산정이 가능하다. 그러나, 유역전반에 걸친 홍수모의가 호우시마다 다른 거동을 나타내고 있어 실제로 한강유역에 대해서 이러한 모형의 성공적인 모의를 기대하기는 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 앞서 논의했던 것처럼 팔당댐 지점에서의 일유량을 모의한 후, 첨두유량과 일유량의 상관관계를 이용하여 홍수빈도의 특성을

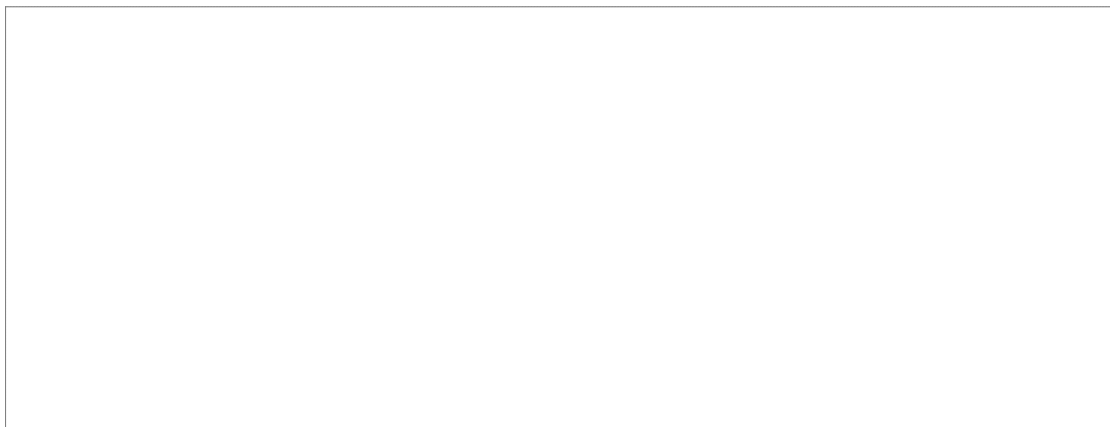


Fig. 2. Ratio and Average of Annual Maximum Hourly and Daily Flood (Paldang Dam)

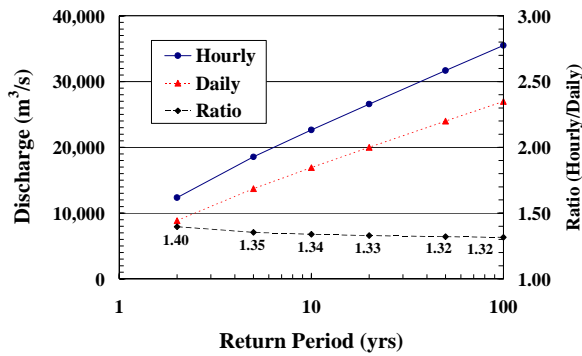


Fig. 3. Comparison of Frequency Curve at Paldang Dam

논의하고자 하였다. 현재 SWAT-K는 과학기술부(2004, 2007)와 김남원 등(2007)에 의해서 모형의 효율성이 충분히 입증된바 있으며, 이를 이용할 경우 댐운영 유무에 따른 홍수량을 산정할 수 있다. 본 연구에서의 소양강, 충주 두 다목적댐 운영에 따른 팔당댐 지점에서의 빈도홍수량 변화 특성 분석을 위한 절차는 다음과 같다.

- 1) SWAT-K의 검정을 위해서 소양강, 충주댐 그리고 화천댐의 실측 방류량과 잔유역의 유출모의를 통하여 팔당댐에서의 일유량에 대한 모형 적용성을 검토한다. 이는 SWAT-K에 대한 팔당댐에서의 일유량 모의능력 평가이며, 이 값은 현재 두 다목적댐의 실제 운영이 이루어지고 있는 상황에서의 유량이다.
- 2) 각 댐의 실측 유입량과 잔유역의 유출모의를 통하여 팔당댐의 일유량을 모의한다. 이때, 소양강, 충주댐의 영향을 세분하여 평가할 수 있다.
- 3) 각 댐의 운영 유무에 따른 시나리오별 홍수빈도분석에 의한 특성치를 비교하여 두 다목적댐에 의한 홍수조절효과 및 그에 따른 홍수빈도거동 특성을 비교 검토한다. 이때, 빈도홍수량의 예측은 첨두유량과 일평균유량의 상관관계에 따라 변환한다.

3. 팔당댐 지점의 모의유량 산정을 위한 모형구축

3.1 모형 구축현황 및 적용

준분포형 장기강우-유출모형인 SWAT-K는 댐에 의한 유출거동을 평가할 수 있는 모형이다. 이미 유역내 다수의 댐이 위치하고 있는 한강유역에 대하여 SWAT-K의 저수지 모의이론이 적용되어 검증된 바

있다(김남원 등, 2007). 본 연구의 대상유역은 팔당댐 상류유역으로 댐운영에 따른 홍수량의 변화를 평가하기 위해 SWAT-K를 적용하였다. 대상유역의 모형구축 현황을 나타낸 Fig. 4에서와 같이 화천댐, 소양강댐, 충주댐, 괴산댐 상류유역은 Inlet 지점으로 구성하였다. 일단 위의 수문기상자료(강우, 태양복사량, 최고/최저 기온, 풍속, 상대습도)는 충주댐 건설시점인 1986년부터 2005년까지 구축하였다. 수치지제도의 경우에는 100m 격자 크기의 DEM, 환경부의 토지피복도(중분류), 농업과학기술원의 정밀토양도(토양통 분류)를 이용하였다. 모의 대상유역은 모두 21개의 소유역으로 구분하였다(김남원 등, 2007).

지표면 유출모의를 위해 SWAT-K에서 개선된 시간가중평균 CN 방법(Kim and Lee, 2008)을 적용하였으며, 연속방정식과 Manning의 식이 결합된 비선형 저류방정식을 이용한 하도추적법을 적용하였다(김남원 등, 2007). 증발산량 산정을 위해서는 Penman-Monteith 방법을 이용하였다. 매개변수 보정을 위해서는 유출총량의 적합성을 높이기 위해 토양증발보상계수(ESCO)에 대한 보정을 실시하였으며, 이후 유출수문곡선 감수부와 첨두부의 적합성을 높이기 위한 보정을 수행하였다.

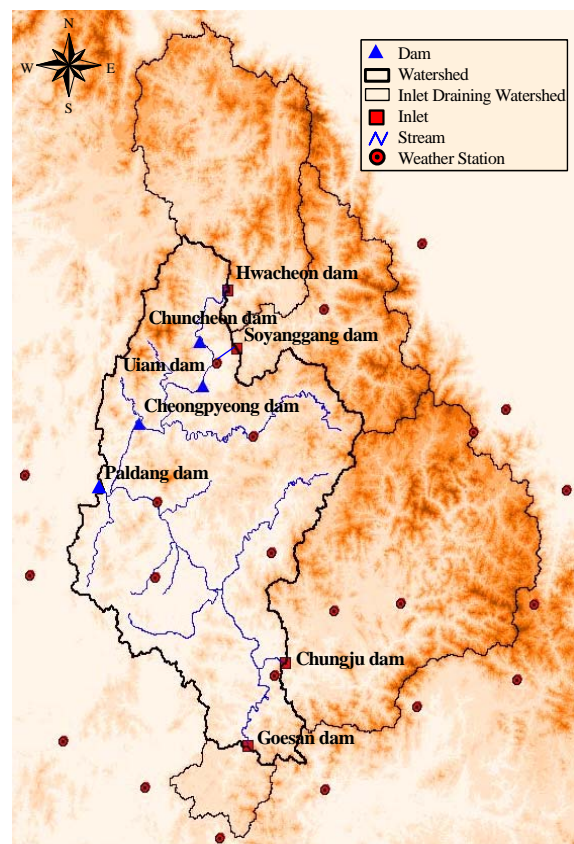


Fig. 4. Present Status of the Subject Basin

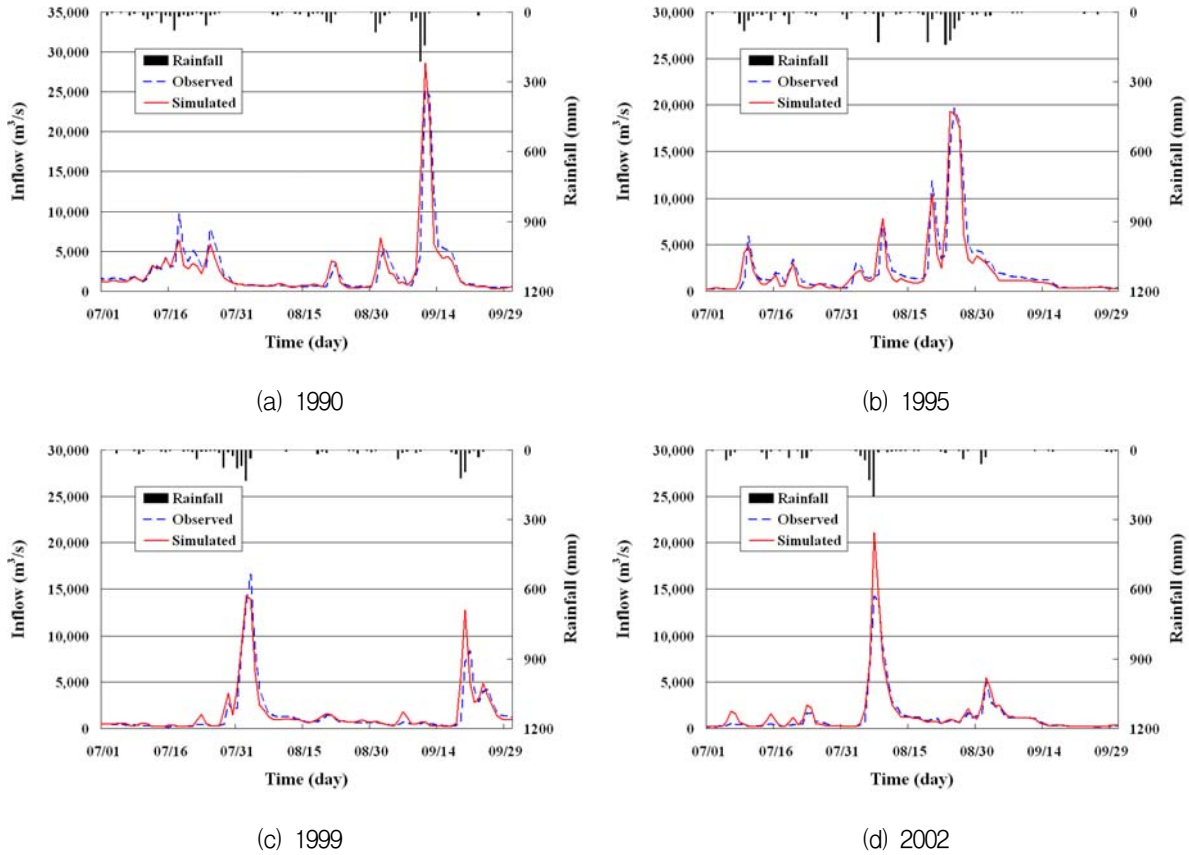


Fig. 5. Observed and Simulated Daily Inflow at Paldang Dam

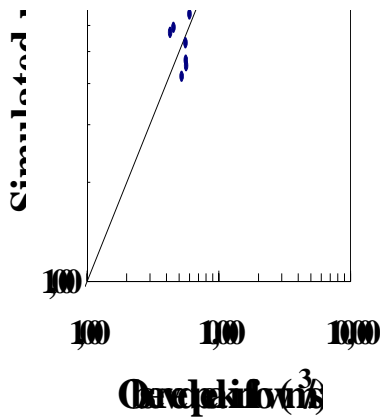


Fig. 6. Annual Maximum Series of Observed and Simulated Daily Inflow at Paldang Dam

3.2 다목적댐의 실측방류량에 따른 모의유량 평가

앞서 기술한 바와 같이 팔당댐 상류유역에 대한 유출모의의 불확실성을 최소화하기 위하여 소양강, 충주댐 상류유역은 유출모의를 수행하지 않고, 실측방류량 자료를 이용하였다. Fig. 5는 팔당댐 지점의 1986~2005년 유입량 자료의 연최대치 계열 중 크기순으로 네 번째까지 해당하는 해인 1990, 1995, 1999, 2002년의

실측유입량과 모의유입량을 비교·도시한 것으로 이때의 모의유입량은 각 댐의 실측방류량과 나머지 잔유역에 대한 유출 모의결과이다. 분석기간 동안의 홍수기에 대한 결정계수(R^2)는 0.87로 높은 적합성을 보여주었다. Fig. 6은 분석기간인 1986~2005년에 대하여 실측유입량과 모의유입량의 연최대치 계열을 일대일로 도시한 것이다.

4. 다목적댐 운영에 따른 빈도홍수량의 변화

앞서 소양강, 충주댐의 운영이 이루어지고 있는 현 유역상황에 대한 유출모의를 통하여 팔당댐 지점에서의 유량에 대한 검증이 이루어졌다. 따라서, 홍수조절 기능을 가진 두 다목적댐의 운영이 이루어지지 않는 상황을 가정하여, 팔당댐 지점에서의 홍수량 변화를 고찰해 보았다. 댐이 건설되어 운영이 이루어질 경우에 대해서는 화천댐, 소양강댐, 충주댐 상류유역의 영향을 고려하기 위해 각 댐의 실측방류량 자료를 모형에 고려하였다. 여기에서는 댐이 건설되지 않은 상황, 즉 댐 운영이 이루어지지 않은 경우를 가정하기 위해 각 댐의 실측유입량 자료를 모형에 고려하여 각각의 시나리오(시나리오 1: 충주댐 건설·운영전, 시나리오 2: 소양

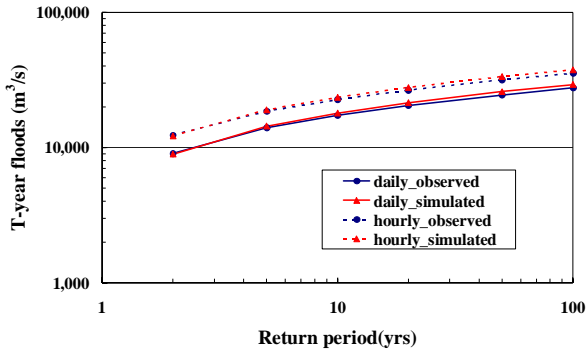


Fig. 7. Observed and Simulated T-year Flood at Paldang Dam

강댐 건설·운영전, 시나리오 3: 소양강, 충주댐 건설·운영전)에 대하여 유출모의를 수행하였다. 따라서, 모의된 유량에 대하여 각 시나리오별 일홍수량 연최대치 계열을 작성하고, 홍수빈도분석을 수행하여 빈도홍수량을 산정하였다. 홍수빈도분석 수행을 위하여 적정분포형으로는 Extreme Type I을 선정하였으며, 매개변수 추정방법으로는 Hosking(1990)의 L-moment 방법을 이용하였다. 두 다목적댐이 운영되고 있는 현재 유역상황의 실측값과 모의값에 대한 일단위의 빈도홍수량을 검토해보면, 재현기간 2, 5, 10, 20, 50, 100년에 대하여 상대오차는 조금씩 증가하였으며, 평균값은 3 %로 나타났다(Fig. 7).

각 시나리오에 따라 일유량에 대한 재현기간별 빈도홍수량을 모의치를 이용하여 산정한 결과는 Fig. 8과 같다. 이는 소양강, 충주 두 다목적댐 운영이 팔당댐 지점에서의 빈도홍수량에 미치는 영향이라 할 수 있다. 소양강, 충주댐의 운영이 이루어지지 않은 상황을 자연상태에서의 홍수량이라 가정한다면, 이를 분석한 빈도홍수량에 비해 시나리오 1, 2, 3일 때의 빈도홍수량은 각각 70.8, 82.3, 90.4 %의 규모로 분석되었다.

5. 홍수빈도분석 결과에 대한 토의

다목적댐 운영에 따른 최종적인 빈도홍수량 거동변화는 일유량과 첨두유량의 관계비(=1.34)를 적용하여 도출한 결과로서 Table 1과 같다. 앞서 설명한 바와 같이 소양강, 충주 두 다목적댐의 운영이 이루어지지 않는 상황(시나리오 3)을 팔당댐 지점으로 유입되는 홍수량이 인위적인 댐조작에 의한 홍수조절효과가 전혀 없는 상태라 가정한다면, 소양강, 충주 두 다목적댐이 모두 운영될 경우(current status), 충주댐만 운영될 경우(시나리오 1), 소양강댐만 운영될 경우(시나리오 2)에 대한 100년 빈도홍수량의 규모는 각각 70.9, 82.8, 90.6

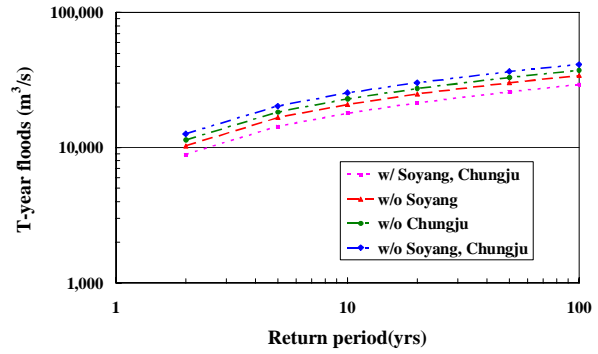


Fig. 8. T-year Floods Change according to Scenarios

%로 나타났다. 이러한 결과는 소양강과 충주댐의 운영이 이루어지고 있는 상황에서의 100년 빈도홍수량(39,250 m³/s)이 댐의 홍수조절효과가 전혀 없는 상황(시나리오 3)에서는 10~20년 규모의 빈도홍수량에 해당됨을 알 수 있다. 또한, 소양강댐보다는 충주댐의 홍수조절효과가 높은 것을 알 수 있으며, 팔당댐 상류유역 전체면적에 대한 소양강과 충주, 충주, 소양강 각 댐의 상류유역 면적비 60.7, 72.1, 88.6 %보다는 작은 효과를 보이고 있다. Fig. 9는 이번 연구에서 소양강, 충주, 소양강과 충주댐의 운영으로 인한 감소된 100년 빈도홍수량을 각 댐의 상류유역 면적비와 함께 도시한 것이다. 분석 대상댐의 상류면적이 커질수록 홍수량 감소폭은 커짐을 알 수 있다. 또한, 팔당댐 상류전체 유역면적에서 분석대상 댐의 상류유역면적을 제외한 비율에 비해서는 작음을 알 수 있다.

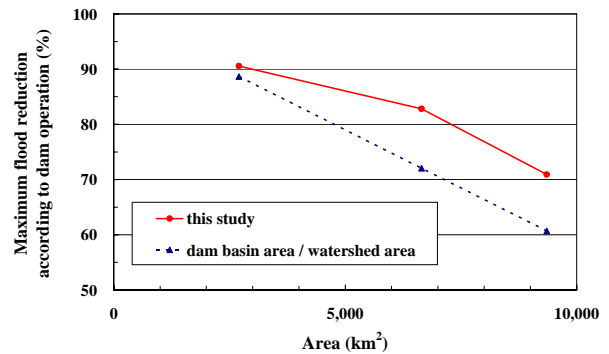


Fig. 9. The Effect of Flood Regulation by Dams

Table 2는 국내 한강유역에 대하여 빈도홍수량을 산정한 연구결과를 비교한 것이다. 먼저 이승재 등(1995)은 팔당댐 하루 고안지점의 과거 연최대 홍수위자료를 이용하여 팔당댐 완공 이전, 이후의 두기간으로 나누어 홍수위를 환산하고, 빈도해석을 통하여 확률홍수량을

Table 1. T-year Floods according to the Floods Regulation by Multi-purpose Dams

Scenarios	Return periods (yrs)	T-year floods	
		Simulated (m ³ /s)	Ratio (%)
current status (w/ Soyang, Chungju dams)	2	11,970	70.6
	5	19,270	70.8
	10	24,110	70.8
	20	28,750	70.9
	50	34,750	70.9
	100	39,250	70.9
Scenario 1 (w/o Soyang dam, w/ Chungju dam)	2	13,810	81.4
	5	22,380	82.2
	10	28,060	82.4
	20	33,500	82.6
	50	40,550	82.7
	100	45,830	82.8
Scenario 2 (w/ Soyang dam, w/o Chungju dam)	2	15,260	90.0
	5	24,600	90.3
	10	30,780	90.4
	20	36,700	90.5
	50	44,370	90.5
	100	50,120	90.6
Scenario 3 (w/o Soyang, Chungju dams)	2	16,960	100.0
	5	27,240	
	10	34,040	
	20	40,570	
	50	49,020	
	100	55,350	

Table 2. Results of 100-year Flood Research

References	Site	100-year flood (m ³ /s)	Dams considered in research	Remark
Lee, S.J. et. al. (1995)	Goan	37,685	Hwacheon, Soyang, Chungju	Regulated flow
Yoon, Y.N. and Wone, S.Y. (1998)	Indo	34,470	-	Unregulated flow
		31,940	Hwacheon, Soyang, Chungju	Regulated flow
Kim, N.W. and Won, Y.S. (2004)	Paldang	46,997 (regional frequency analysis) 42,142 (at-site frequency analysis)	Hwacheon, Soyang, Chungju	Regulated flow
This study	Paldang	55,350	Hwacheon	Unregulated flow
		39,250	Hwacheon, Soyang, Chungju	Regulated flow

산정하였다. 빈도해석시 상류댐의 영향을 받지 않는 자연하천상태의 자료를 사용하는 것이 바람직하나, 고안지점 상류부에 위치한 일련의 댐에서의 홍수조절로 감소된 첨두홍수량이 수도권을 통과하기 때문에 실질적으로 빈도해석을 해야 하는 홍수량은 바로 고안지점의 첨두홍수량이라고 판단하였다. 따라서, 상류유역에 위치하

고 있는 댐운영에 의한 홍수조절효과에 대한 분석은 이루어지지 않았다. 윤용남과 원석연(1998)은 한강 인도교 지점에 대하여 상류댐의 홍수조절효과를 고려하여 과거 홍수자료를 댐의 홍수조절 영향을 받는 상태로 수정하여 빈도해석을 수행하였다. 댐의 홍수조절효과를 고려하기 위하여 1984년과 1990년 대홍수시의 각 댐의 저수

위-방류량 자료로부터 댐의 저수위-유출량-저류량 간의 관계를 설정하여 저수지 홍수추적을 실시하여 간접적인 각 댐의 홍수조절효과를 고려하였다. 이때 사용한 방법은 설계호우-단위도법으로 자연유하상태, 화천댐 건설후, 소양강댐 건설후의 홍수량을 각각 현재상태의 홍수량으로 환산하기 위한 댐의 홍수조절효과 표를 제시하였다. 그러나 타연구 결과들에 비해 홍수량이 과소 추정된 것으로 판단된다. 김남원과 원유승(2004)은 수집 가능한 일제시대부터 1999년까지 국내 침투홍수량 자료를 수집하여 한강, 낙동강, 금강, 영산/섬진강 유역에 대한 지역홍수빈도분석을 수행하여 유역별 빈도홍수량의 지역적인 특성을 고찰하였다. 그러나, 댐개발전과 전체 자료기간에 대한 빈도홍수량 변화에 대한 분석은 자세하게 수행하지 못하였다. 마지막으로 본 연구결과를 검토해 보면, 직접비교는 어려우나 조절유량의 경우, 이승재 등(1995)과 김남원과 원유승(2004)의 지점빈도해석 결과의 범위 안으로 추정된 것으로 보아 합당한 값으로 판단된다.

6. 결 론

여름철에 많은 양의 강우가 집중되어, 홍수문제가 빈번히 발생하는 우리나라의 기후상황에서 주요 수공구조물 설계의 지표가 되고 있는 빈도홍수량의 산정은 매우 중요하다. 나아가 홍수조절목적을 지닌 다목적댐의 경우, 댐건설·운영 전후에 따라 하류지점에서의 빈도홍수량 거동에 미치는 영향은 구체적으로 파악되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 한강유역의 다목적댐이 빈도홍수량의 변화에 미치는 영향을 정량적으로 분석, 평가하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 한국형 장기유출모형인 SWAT-K를 활용하여 모의된 일유량과 침투유량과의 상관관계로 댐운영에 따른 빈도홍수량의 변화특성을 파악하고자 하였다.

- 1) 실측유입량을 분석한 결과, 재현기간 2, 5, 10, 20, 50, 100년에 해당하는 빈도홍수량을 검토해보면, 팔당댐 지점에서의 침투유량과 일유량의 빈도홍수량비는 1.34 정도임을 알 수 있다.
- 2) 소양강, 충주 두 다목적댐의 운영이 이루어지지 않는 상황에서 팔당댐 지점으로 유입되는 홍수량을 인위적인 댐조작에 의한 홍수조절효과가 전혀 없는 상태라 가정한다면, 소양강, 충주 두 다목적댐이 모두 운영될 경우, 충주댐만 운영될 경우, 소양강댐만 운영될 경우에 대한 100년 빈도홍수량은 각각 70.9, 82.8, 90.6 %의 규모로 나타났다. 이는 팔당댐 상류유역 전체면적에 대한 해당 댐유

역 면적비보다는 작은 효과를 보이고 있다.

- 3) 소양강, 충주 두 다목적댐의 운영이 이루어지고 있는 상황에서의 100년 빈도홍수량(39,250 m³/s)은 댐의 홍수조절효과가 전혀 없는 상황에서는 10~20년 규모의 빈도홍수량에 해당됨을 알 수 있다.

본 연구는 댐이 구축된 후, 하류하천에서의 빈도홍수량에 미치는 댐운영 효과를 분석하고자 시도한 연구로서 우리나라 다목적댐의 홍수조절효과 분석에 도움이 되었으면 한다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호 2-2-3)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 건설교통부 (1997). 기존댐 용수공급능력조사(한강수계) 보고서, 한국수자원공사.
- 과학기술부 (2004). 지표수 수문성분 해석기술 개발, 한국건설기술연구원.
- 과학기술부 (2007). 지표수 수문성분 해석시스템 개발, 한국건설기술연구원.
- 김남원, 원유승 (2004). “우리나라의 빈도홍수량 추정.” **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제37권, 제12호, pp. 1019-1032.
- 김남원, 이정우, 이병주, 이정은 (2007). “비선형 저류방정식을 이용한 일 단위 하도추적법.” **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제27권, 제5B호, pp. 533-542.
- 김남원, 이정은, 이병주 (2007). “한강유역의 다목적댐 운영에 따른 유황변동 특성 분석 및 평가.” **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제27권, 제1B호, pp. 53-63.
- 김남원, 최한규 (1996). “홍수 빈도분석상 일 유량자료 이용과 유용성.” **한국수자원학회 1996년 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp.250-255.
- 원석연, 윤용남 (1993). “홍수사상별 일평균유량 자료로부터의 침투홍수량 산정.” **한국수문학회지**, 한국수문학회, 제26권, 제2호, pp. 59-65.
- 윤용남, 원석연 (1998). “한강 인도교 지점의 계획홍수량 산정을 위한 지점빈도해석.” **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제31권, 제4호, pp. 469-481.

- 이승재, 서규우, 허준행, 조원철 (1995). “한강 고안 지점의 홍수위 환산과 홍수 빈도해석.” **한국수자원학회지 논문집**, 한국수자원학회, 제28권, 제5호, pp. 191-204.
- Fuller, W. E. (1914). “Flood flows.” *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.*, Vol. 77, pp. 564-617.
- Hosking, J. R. M. (1990). “L-moment: Analysis and estimation of distribution using linear combination of order statistics.” *Journal of Royal Statistical Society, Series B.* 52, pp. 105-124.
- Kim, N. W. and J. Lee (2008). “Temporally weighted average curve number method for daily runoff simulation.” *Hydrological Processes*, Vol. 22, pp. 4936-4948.
- Nicola Montaldo, Marco Mancini and Renzo Rosso (2004). “Flood hydrograph attenuation induced by a reservoir system: analysis with a distributed rainfall-runoff model.” *Hydrological processes*, Vol. 18, pp. 545-563.
- Peters, D. L. and T. D. Prowse (2001). “Regulation effects on the lower Peace River, Canada.” *Hydrological processes*, Vol. 15, pp. 3181-3194.
- Smakhtin, V. Y. (1999). “Generation of natural daily flow time-series in regulated rivers using a non-linear spatial interpolation technique.” *Regulated Rivers: Research & Management*, Vol. 15, pp. 311-323.
- (논문번호:08-108/접수:2008.11.10/심사완료:2009.01.30)