

강우분포와 강우-유출 매개변수에 따른 가능최대홍수량의 변화

The variation of Probable Maximum Flood due to Rainfall distribution and Rainfall-Runoff Parameters

김남원*, 이정은**

Nam Won Kim, Jeong Eun Lee

요 지

가능최대홍수량(PMF)은 가능최대강수량(PMP)을 입력으로 한 강우-유출해석의 결과이다. 대상유역의 가능최대강수량을 산정하여 시·공간분포를 고려한 가능최대호우를 결정한 후, 강우-유출관계를 적용하여 가능최대홍수량을 산정하는 것이다. 이러한 과정을 통하여 산정된 가능최대홍수량은 실무에서 댐설계를 위해 이용되어 오고 있다. 하지만, 댐설계기준(건설교통부, 2001)에 가능최대홍수량 산정을 위한 방법론은 제시되어 있지만, 이에 대한 이론적인 토의가 충분치 않다.

본 연구에서는 국내의 가능최대홍수량 산정절차에 대한 문제점을 제시하고, 이에 대한 논의를 하고자 강우분포와 강우-유출매개변수에 따른 가능최대홍수량의 변화를 검토하였다. 먼저, 강우의 시간분포방법으로 blocking 방법, huff 방법, mononobe 공식을 채택하여 그 문제점을 제시하고, 시간분포방법별 가능최대홍수량의 변화를 비교·검토하였다. 강우-유출 매개변수에 따른 가능최대홍수량의 변화를 검토하기 위해서, 먼저 평균개념의 기존단위도와 최대개념의 단위도에 대해 평가하였으며, 두 단위도 적용에 따른 가능최대홍수량의 변화를 비교·검토하였다. 최대개념의 단위도는 강우-유출관계의 적용을 위해 그동안 우리나라에서 주로 이용되어 왔던 Clark 단위도를 선정하였고, 실측강우-유출자료의 해석을 통해 가능최대홍수량의 개념에 부합되는 매개변수를 산정하였다. 또한, 가능최대강수량의 차이, 강우손실방법, 기저유량 고려유무에 따른 가능최대홍수량의 변화를 검토하였다.

핵심용어 : 가능최대홍수량, 가능최대강수량, 강우분포, 강우-유출 매개변수

1. 서론

댐과 같은 주요 수공구조물의 경우, 설계홍수량은 댐의 안정성을 고려하기 위해서 가능최대홍수량으로 설정한다. 이와 같이 국내 댐실무에서는 가능최대홍수량을 산정하여 댐설계에 이용해 오고 있다. 하지만, 가능최대홍수량 산정절차는 수자원관리기법개발연구조사보고서(건설부, 1991)과 댐설계기준(건설교통부, 2001)에서 그 방법론이 제시되고 있지만, 여러 적용방법이 혼재되어 있어 논리적 모순을 많이 띠고 있다.

가능최대홍수량(PMF)은 가능최대강수량(PMP)을 입력으로 한 강우-유출해석의 결과이다. 하지만, 강우의 시·공간분포방법과 강우-유출관계를 어떻게 모형화하느냐에 따라 홍수량은 달라질 수 밖에 없다. 따라서, 가능최대홍수량 산정절차에서 가능최대강수량의 시간분포방법, 손실방법, 단위도, 기저유량 고려유무에 따른 가능최대홍수량의 변화를 고찰하여 기존 산정절차에 대한 문제점을 제기하고, 이에 대해 토의하고자 하였다.

2. 가능최대홍수량 산정절차에 대한 토의

가능최대홍수량은 가능최대강수량을 시·공간분포한 후, 강우-유출관계를 적용하여 산정되어지는 것이 일반적이다. 그러므로, 가능최대홍수량 산정절차는 크게 두 부분으로 나뉘어진다. 첫째는 대상유역의 가능최

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원 · E-mail : nwkim@kict.re.kr

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : jeus22@kict.re.kr

대강수량을 추정하여 적절한 시·공간분포를 적용하여 가능최대호우를 구축하는 과정이며, 둘째는 강우-유출 관계를 적용하여 손실을 고려한 유효강우를 유량으로 변환하는 과정이다.

여기에서는 기존의 가능최대홍수량 산정절차에 대한 문제점을 제기하고, 그 문제점을 보완할 수 있는 방안으로 본 연구에서 적용한 가능최대홍수량의 개념에 부합되는 방법론을 제시하고 설명하였다.

2.1 가능최대강수량의 시·공간분포

가능최대호우를 구축하기 위해 가능최대강수량에 시·공간분포를 고려하는 것이 필요하다. 먼저 공간분포의 적용을 살펴보면, 우리나라 가상호우의 형태는 1988년 수자원관리기법연구조사 보고서에 2:1의 타원형을 제시하고 있으나, 유역별 방향성을 나타내고 있지는 않고 있다. 그러므로, 공간적인 특성을 충분히 대변하기 위하여 HMR No. 52에서의 공간분포 방법을 채택하였다. 따라서, 최대용적을 나타낼 수 있는 유역의 형상과 방위를 고려한 공간분포를 적용하여 가능최대강수량을 재분석하였다.

국내에서의 강우의 시간분포방법으로는 mononobe 공식과 huff 방법이 주로 이용되고 있다. Mononobe 공식에 의한 시간분포는 시강우량 자료가 없을 때에 사용 한 방법으로, 시강우량 자료가 충분한 오늘날에는 그 의미가 없지만, 기존관행이라는 측면에서 검토하였다. 또한, 강우지속기간별 가능최대강수량을 기준으로 하는 blocking 방법은 가능최대홍수량 산정개념과 부합하므로 채택하였다. 따라서, 본 연구에서는 시간분포 방법으로 huff 방법, blocking 방법, 기존관행인 mononobe 공식을 각각 적용하여 산정된 가능최대홍수량을 비교·검토하였다.

2.2 강우-유출관계의 적용

강우-유출관계의 적용을 위해 우리나라에서는 주로 Clark 단위도가 채택되어 사용되어 왔다. 하지만, Clark 단위도의 매개변수는 유역특성인자로 표현된 기존 경험식을 이용하여 산정하고 있으며, 유역을 대표하는 단위도는 평균개념의 단위도이다. 김남원 등(2004)은 실측강우-유출자료에 근거하여 Clark 단위도의 매개변수와 유역반응을 고찰한 결과, 산정된 매개변수들은 작은 홍수사상에서는 지수적으로 감소하지만, 어느 홍수량 이상에서는 선형성을 재현하며 일정한 값으로 지니게 된다고 밝혔다. 이와 같은 이유로 기존 평균개념의 단위도를 사용할 경우에는 홍수량을 과소평가할 우려가 있으므로 큰 홍수사상을 모의하기 위해서는 최대개념을 적용한 단위도의 도입이 필요하다고 하였다. 또한, IE(1998)에서는 평균단위도를 결정한 후에 침투유량 부분을 30% 증가시켜 사용하고 있으며, IH(1999)에서는 평균단위도의 침투발생시간을 1/3만큼 감소시키고, 침투유량 부분을 1/2만큼 증가시킨 후 단위부피를 유지하기 위해 기저시간을 1/3만큼 감소시킨 단위도를 사용하고 있다. 그리고, FERC(2001)에서는 가장 큰 홍수사상을 모사할 수 있는 최대개념의 단위도를 사용하고 있다. 이처럼 최악의 기상조건을 반영하기 위해서는 국내에서 사용해 오고 있는 평균개념의 단위도보다는 최대개념의 단위도를 사용하는 것이 가능최대홍수량의 개념에 부합된다고 판단되어, 본 연구에서는 최대개념의 단위도를 적용하여 가능최대홍수량을 산정하였다. 그리고, 기존단위도를 사용하였을 경우와의 차이를 비교·검토하였다.

3. 가능최대홍수량 산정절차별 기존방법과의 비교

실제 대상유역에서 앞서 토의한 산정절차에 따라 가능최대홍수량을 산정하였다. 대상유역으로는 남강댐, 주암댐, 안계댐을 선정하였다. 유역면적은 각각 2,285km², 1,010km², 6.7km²이다. 대상유역의 강우-유출자료를 수집하였으며, 기존 산정된 값들은 남강다목적댐 공사지(한국수자원공사, 2001), 주암다목적댐 공사지(한국수자원공사, 1991) 그리고 안계제2중고 기본계획보고서(한국수자원공사, 1998)를 참고하였다. 산정절차를 따라 적용방법별 가능최대홍수량의 비교·검토를 위해 가능최대강수량을 공간분포(HMR No.52)와 시간분포(blocking 방법)를 고려하여 가능최대호우를 구축한 후, 유역반응을 고려한 최대개념의 단위도를 이용하여 산정된 가능최대홍수량을 기준값으로 하였으며, 산정된 값은 표 1과 같다.

표 1. 본 연구방법으로 산정된
가능최대홍수량

(단위 : cms)

유역	남강댐	주암댐	안계댐
가능최대홍수량	24,670	11,770	189

3.1 가능최대강수량의 차이에 따른 비교

기존 댐유역에서 산정된 가능최대강수량과 본 연구에서 재산정된 가능최대강수량의 차이에 따른 가능최대홍수량의 결과는 표 2와 같다. 기존 보고서에는 24시간 가능최대강수량만 명시되어 있어, mononobe 시간분포를 적용하여 가능최대홍수량의 차이를 비교·검토하였다. 기존의 가능최대강수량은 재산정된 가능최대강수량에 비해 남강, 주암, 안계댐 각각 6.5%, 29.3%, 33.1% 정도 작게 산정되어 있었으며, 마찬가지로 본 연구에서 산정한 가능최대홍수량에 비해 기존의 가능최대강수량의 값을 적용한 가능최대홍수량은 6.7%, 31.0%, 36.2% 정도 작게 산정되었다. 또한, 가능최대강수량의 차이와 가능최대홍수량의 차이의 변화율은 거의 비슷함을 확인할 수 있었다.

표 2. 가능최대강수량의 차이에 따른 가능최대홍수량의 산정결과

유역	가능최대강수량 (mm)		가능최대홍수량 (cms)	
	기존	재산정	기존	재산정
남강댐	565	604	30,890	33,100
주암댐	555	785	9,904	14,350
안계댐	577	863	203	319

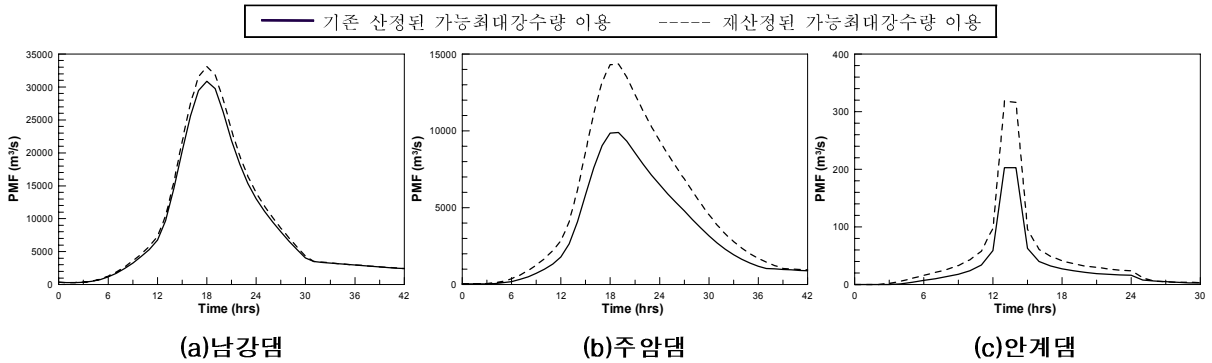


그림 1. 가능최대강수량의 차이에 따른 가능최대홍수량 비교

3.2 강우의 시간분포 방법에 따른 비교

강우의 시간분포 방법에 따라 지속기간별 누가우량을 도시한 그림 2에서, 지속기간별 가능최대강수량을 기준으로 시간분포된 blocking 방법은 가능최대강수량을 그대로 모사하고 있다. 그러나, huff 방법과 mononobe 방법은 짧은 지속기간에 더 많은 양의 강우가 집중되어 분포되어 있다. 이는 강우-유출관계 적용시 첨두유량값을 과대평가하는 요인이 되는 것이다. Huff 방법의 적용을 위해 남강, 주암, 안계댐 유역에 대해 각각 산정, 승주, 울산 기상관측소를 대표관측소로 선정하였다. 세 관측소 모두 3분위에서 중호우 발생횟수가 가장 많았으며, 그림 2에서 90% 무차원누가곡선을 이용하여 산정된 huff 분포는 50% 무차원누가곡선을 이용한 것에 비해 가능최대강수량보다 짧은 지속기간에 더 많은 양의 강우를 분포시키고 있음을 알 수 있다. 따라서, huff 방법 적용시 3분위, 50% 무차원누가곡선을 이용하였다.

표 3. 강우시간분포 방법에 따른 PMF 산정결과 (단위:cms)

유역	blocking	huff(임계지속기간)	mononobe
남강댐	24,670	27,490(18시간)	33,100
주암댐	11,770	12,820(24시간)	14,350
안계댐	189	225(6시간)	319

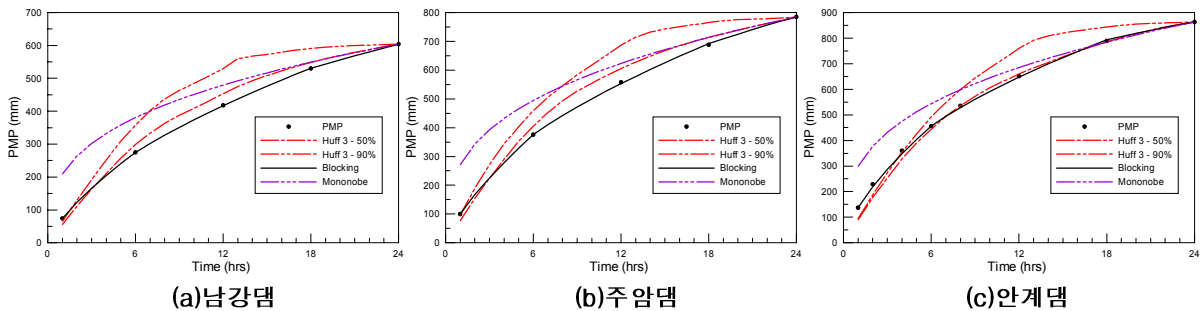
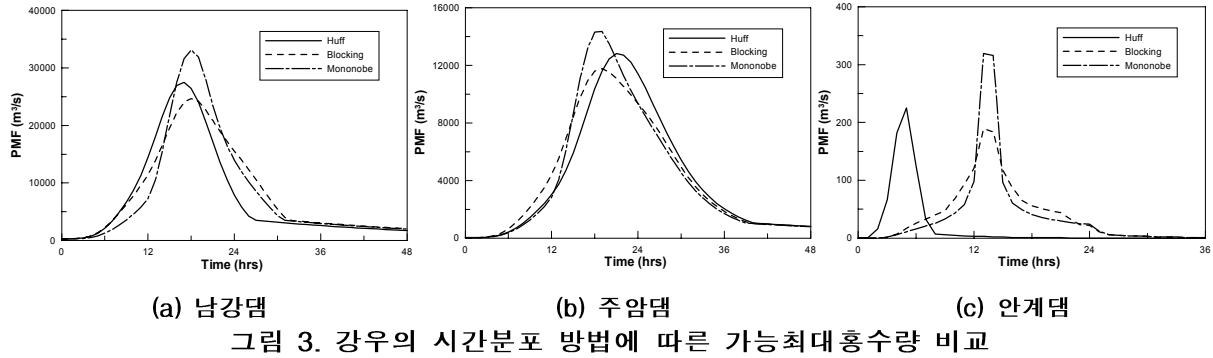


그림 2. 시간분포방법별 강우지속기간에 따른 누가우량의 비교

각 시간분포방법별로 가능최대홍수량을 산정한 결과는 표 3, 그림 3과 같다. 이를 비교·검토하여 보면, 남강, 주암, 안계댐 유역에 대해 blocking 방법에 비해 huff 방법을 적용하였을 경우에는 각각 11.4%, 8.9%, 18.9%로 크게 산정되었으며, mononobe 방법을 적용하였을 경우에는 각각 34.2%, 21.9%, 68.4%로 과대평가됨을 확인하였다. 이와 같은 결과는 mononobe 방법이 지양되어야 함을 분명히 말해주고 있는 것이다.



3.3 강우손실방법의 선택에 따른 비교

강우손실방법은 SCS 방법을 적용하여 비교·검토하였다. 본 연구에서 적용한 유출곡선번호(CN)는 실측 강우-유출자료에 근거하여 산정된 CN값을 이용하였다. 산정된 CN값은 남강, 주암, 안계댐 각각 87, 82, 70이었다. CN값의 변화에 따른 가능최대홍수량의 변화를 검토하기 위해 CN값이 75, 80, 85일 경우의 가능최대홍수량을 산정하여 보았다. 그 결과는 표 4와 같으며, CN값이 5정도 증가할 경우, 약 1~3% 정도 가능최대홍수량이 증가됨을 확인할 수 있었다.

표 4. CN의 변화에 따른 PMF 산정결과

(단위:cms)

유역	huff			blocking			mononobe		
	CN=75	CN=80	CN=85	CN=75	CN=80	CN=85	CN=75	CN=80	CN=85
남강댐	25,940	26,680	27,290	23,320	23,970	24,500	31,160	32,100	32,850
주암댐	12,470	12,730	12,940	11,410	11,680	11,900	13,910	14,230	14,510
안계댐	233	239	244	193	195	197	325	330	333

3.4 강우-유출관계 매개변수(단위도)에 따른 비교

기존 단위도와 본 연구에서 사용한 최대개념의 단위도를 그림 4에 비교·도시하였다. 최대개념의 단위도에 비해 기존단위도의 침투유량은 남강, 주암, 안계댐 유역에 대하여 각각 49.7%, 40.3%, 10.6% 작게 산정되어 있었으며, 그에 따른 가능최대홍수량도 표 3과 표 5의 비교를 통해 huff 방법일 경우에는 34.9%, 23.7%, 8.9%, blocking 방법일 경우에는 32.8%, 22.3%, 1.7%, mononobe 공식일 경우에는 41.6%, 30.3%, 5.6%로 작게 산정됨을 확인하였다.

표 5. 기존단위도를 적용한 PMF 산정결과

(단위:cms)

유역	huff	blocking	mononobe
남강댐	17,890	16,570	19,350
주암댐	9,780	9,150	10,010
안계댐	204	186	300

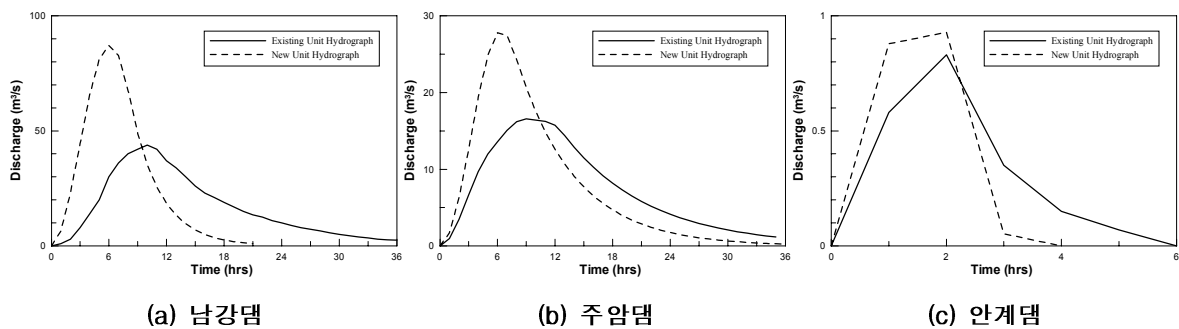


그림 4. 기존단위도와 최대개념 단위도의 비교

3.5 기저유량에 따른 비교

초기기저유량, 감소상수, threshold 유량을 이용한 기저 유량의 고려 유무에 따른 가능최대홍수량의 첨두유량의 차이는 아주 미미한 것으로 나타났으며, 그림 5와 같이 감 수부 곡선에서의 차이만 존재하고 있다. 이는 저수지 운영 측면에서 유출용적과 관련되어 있다.

표 6. 기저유량 미고려시 PMF 산정결과
(단위:cms)

유역	Huff	Blocking	Mononobe
남강댐	27,310	24,490	32,930
주암댐	12,790	11,740	14,320
안계댐	225	189	319

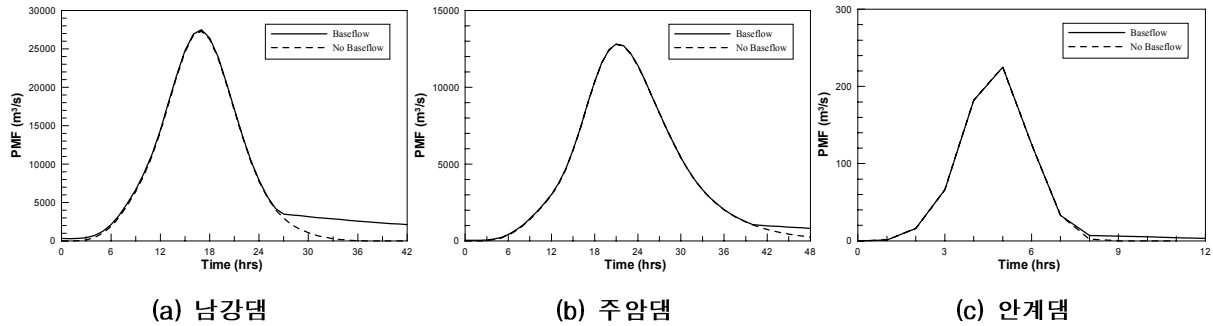


그림 5. 기저유량 고려 유무에 따른 가능최대홍수량의 비교

4. 결론

본 연구에서는 국내의 가능최대홍수량 산정절차에 대한 이론적인 토의가 충분치 않으므로, 산정절차를 따라 적용방법별 문제점을 제시하고, 대안이 될 수 있는 방법론을 제시하고자 하였다. 이의 검토를 위해 가능최대홍수량의 민감도 분석을 수행하였다. 산정절차에 따른 적용방법별 가능최대홍수량의 변화를 검토한 결과, 가능최대강수량의 변화율과 가능최대홍수량의 변화율은 거의 비슷함을 확인하였다. 또한, 강우의 시간분포방법에 따른 가능최대홍수량은 blocking 방법에 비해 huff 방법은 다소 크게, mononobe 공식은 과대평가됨을 확인하였다. 그리고, 본 연구에서 산정한 최대개념의 단위도는 기존 단위도보다 빠르고 강한 강도의 유역반응을 초래하고 있다. 이러한 단위도의 수정은 가능최대홍수량의 변화에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었으며, 국내에서 그 적용이 고려되어야 한다.

참 고 문 헌

1. 김남원, 이정은 (2004), 유역반응과 Clark 단위도, 2004년 한국수자원학회 학술발표회 논문집
2. 건설부 (1991), 수자원관리기법개발연구조사보고서
3. 건설교통부 (2001), 댐설계기준
4. FERC (2001), "Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Projects", Chapter 8. Determination of the Probable Maximum Flood, Federal Energy Regulatory Commission
5. IE (1998), "Australian Rainfall and Runoff. A Guide to Flood Estimation", Volume 1, D.H. Pilgrim (ed), National Committee of Water Engineering, reprint, Institution of Engineers, Australia
6. IH (1999), Flood Estimation Handbook, Institute of Hydrology