

HEC-HMS 모형의 매개변수 초기값에 따른 PMF의 특성

맹승진*, 추태호**, 황주하*, 시 강*, 김형산*

*충북대학교 지역건설공학과

**부산대학교 토목공학과

e-mail:maeng@cbnu.ac.kr

Characteristics of PMF Based on Initial Value for Parameter of HEC-HMS Model

Seung-Jin Maeng*, Tai-Ho Choo**, Ju-Ha Hwang*, Shi Qiang*, Hyung-San Kim*

*Dept. of Agricultural Engineering, Chungbuk National University

**Dept. of Civil Engineering, Pusan National University

요약

본 연구에서는 연최대 홍수량의 발생에 대한 대안으로 사용하는 PMF 추정에 관한 내용을 중심으로 분석하고자 한다. 대상유역에 대한 유출 매개변수를 추정하기 위해서 일우량 자료를 이용한 개략적인 호우기간 선정 후 시강수와 시우량자료 수집, 강수대비 유출율, 우량주상도와 유출곡선의 형태 분석 절차를 수행하여 적절한 호우 사상을 결정하였다. 유역별로 합천댐 7개, 남강댐 14개, 보령댐 7개의 호우사상을 최종적으로 선정하고 관측된 홍수량을 사용하여 HEC-HMS의 매개변수 결정에 따른 최대가능홍수량 특성을 고찰하였다.

1. 서론

우리나라는 평야부가 적고 거의 대부분이 급준한 산지에다가 연평균강우량 1,283mm가 여름철에 집중되는 기상특성으로 하천유황의 계절적인 진폭이 심하여 수해를 받기 쉬운 자연적 조건을 갖고 있으며 이로 인한 인명피해는 물론 재산상의 피해가 반복적으로 일어나고 있는 실정이다. 소규모 수리시설물의 경우에는 일반 수리시설물에 비해 규모가 적기 때문에 우리나라와 같은 강우패턴에서 매우 취약하게 드러나며 대표적인 예로는 2002년 태풍 루사의 내습으로 인해 강원도지방의 동막저수지와 장현저수지가 여수로 배제능력의 1.7~4.8배에 해당하는 홍수량을 감당치 못하고 저수지가 붕괴되는 상황에 이르게 되었다. 따라서 상기에서 언급한 바와 같이 매년 우리나라에 막대한 인명과 재산의 피해를 주는 홍수의 항구적인 대책 수립을 위해서 근본적으로 선행되어야 할 것은 용수공급의 원활을 위한 각종 댐 및 수리구조물의 설계지침인 적정 설계홍수량을 유도하는데 있다. 이러한 설계

홍수량을 유도할 때 관행의 방법은 관측시작시부터 현재까지의 관측된 자료를 사용하여 통계 분석함이 통상적이었다. 그러나 이러한 방법의 크나 큰 단점은 관측 기록년 이후에 기록된 수문량 보다 월등히 큰 수문량이 발생한다면 과거의 자료에 기초하여 추정한 설계홍수량의 신뢰성은 급격히 저감된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 객관적인 PMF 산정 기준 제시를 위한 유출모형의 매개변수 특성을 고찰하고자 한다.

2. 사용 수문자료

본 연구에서는 대상유역에 대한 유출 매개변수를 추정하기 위해서 일우량자료를 이용한 개략적인 호우기간 선정 후 시강수와 시우량자료 수집, 마지막으로 강수대비 유출율, 우량주상도와 유출곡선의 형태 분석 절차를 수행하여 적절한 호우 사상을 결정하였다. 각 유역별로 합천댐 7개, 남강댐 14개, 보령댐 7개의 호우사상을 최종적으로 채택하였다. 실무에서 적용 사례가 다수 있으며 범용 모형인 HEC-HMS를 사용

하여 채택된 호우사상으로 유출량을 계산하고자 한다.

3. 연구 방법

PMF의 신뢰성 있는 산정을 위해서는 실무에서 사용되고 있는 단위도를 우리나라 유출특성을 고려하여 검토하고 매개변수 중 저류상수(K), 집중시간(T_c) 및 기저유량(감수상수, 초기기저유량 및 Threshold 유량) 등을 산정하기 위해 수문곡선상에서 독치하여 추정시 변곡점 선정 및 검증방안 등을 분석하기로 하였다. 유출곡선지수(CN)는 최종 PMF 산정값에 많은 영향을 미치므로 합리적인 산정 방안을 검토하고 각 매개변수별 초기값이 최적화 결과에 미치는 영향을 검토하고 초기값 산정 기준 및 적용범위를 분석하였다. 추정된 매개변수들의 적정성 여부를 판단하기 위하여 민감도 분석 등 매개변수의 신뢰도를 평가하여 산정하기로 한다.

4. 결과 및 고찰

PMF 산정시 매개변수 결정의 중요성을 판단하기 위해 사용한 유출모형은 국내외적으로 많은 적용 사례가 있는 HEC-HMS를 사용하기로 하였다.

4.1 매개변수 초기값 산정

홍수량 산정에 적용할 매개변수를 산정하는 방법으로는 통상 자동보정기법 또는 자동보정기법과 수동보정을 적절히 결합하는 방법이 이용된다. 이때 자동보정을 이용하여 매개변수를 추정하기 위해서는 초기 매개변수의 상·하한치의 경계를 설정해야 하는데 이에 대한 적절한 범위를 설정하기 위해서는 합리적인 초기매개변수의 추정이 요구된다. 본 연구에서 채택한 Clark 유역추적법의 주요 유출 매개변수는 하천의 직접유출량에 해당하는 유효우량을 산정하기 위한 유출곡선지수(CN), 시간-면적곡선에 영향을 미치는 집중시간(T_c), 유역의 지체효과를 나타내는 저류상수(K) 등이 있다.

4.1.1 집중시간(T_c)

집중시간의 초기값은 [표 1]의 각 경험식에 의해 산정된 도달시간과 이 결과를 유로연장으로 부터 역산하여 산정한 평균유속이 합리적이라고 판단되는 경험식의 집중시간으로 결정한다. [표 1]의 경험식은 우리나라의 하천정비기본계획 및 수자원 시설 설계와 같

은 실무에서 다양하게 사용하고 있는 방법들이다. 그리고 관측값이 존재할 경우 관측값을 초기값 선정에 반영한다. 주의사항으로 집중시간의 초기값은 최소 1.0hr를 초과하여야 한다.

[표 1] 집중시간(T_c)의 초기값 선정시 사용하는 경험식

제안자	식	적용범위
Kirpich	$T_c = 0.0663 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$	농경지소유역을 대상으로 유역면적이 0.5km ² 이하인 소유역에 적합한 공식
Rziha	$T_c = 0.0139 \frac{L}{S^{0.6}}$	하천 상류부(S≥1/200)에 적용
Kraven(I)	$T_c = 0.0074 \frac{L}{S^{0.515}}$	하천 하류부(S<1/200)에 적용
Kraven(II)	$T_c = \frac{L}{3.6V}$	하천 경사별 유속을 적용 (S≤1/200: V=21m/s, S>1/100: V=3.5m/s, 1/200≤S≤1/100: V=3.0m/s, S≥1/100: V=3.5m/s)

주) T_c: 집중시간(hr), L: 하도길이(km), S: 평균경사(m/m), n: 조도계수

4.1.2 저류상수 (K)

저류상수의 초기값은 역시 집중시간과 같이 [표 2]의 경험식에서 유역면적, 유로연장, 도달시간 등의 유역특성인자를 이용하며 유역의 형상을 고려할 수 있는 장점을 가지고 있는 Sabol 공식에 의해 산정된 값으로 결정한다. [표 2]의 경험식은 우리나라의 하천정비기본계획 및 수자원 시설 설계와 같은 실무에서 다양하게 사용하고 있는 방법들이다. 그리고 관측값이 존재할 경우 관측값을 초기값 선정에 반영한다. 주의사항으로 집중시간의 초기값은 최소 0.5hr를 초과하여야 한다.

[표 2] 저류상수(K)의 초기값 선정시 사용하는 경험식

제안자	식	적용범위
Linsley	$K = \frac{bL\sqrt{A}}{\sqrt{S}}$	b : 0.01~0.03
Russel	$K = \gamma T_c$	γ : 도시지역(1.1~2.1) 자연유역(1.5~2.8) 산림지역(80~120)
Sabol	$K = \frac{T_c}{1.46 - 0.0867 \frac{L^2}{A}}$	

주) K: 저류상수(hr), T_c: 집중시간(hr), L: 하도길이(km), S: 평균경사(m/m), A: 유역면적(km²)

4.1.3 유출곡선지수(CN)

유출곡선지수(CN)의 초기값은 우리나라의 경우 전국에 걸쳐 농업과학기술원에서 제공하는 정밀토양도(1:25,000)를 이용하여, 각 토양의 성질별로 배수능력

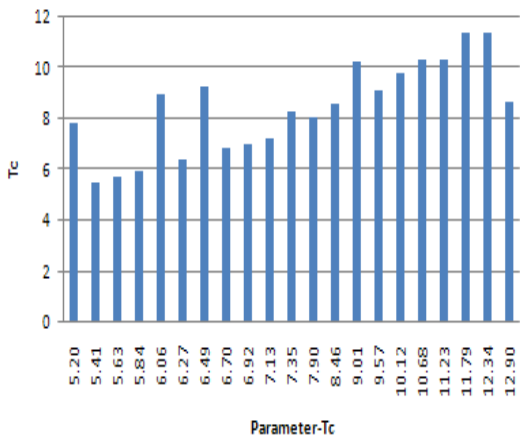
을 평가하여 A, B, C, D형으로 재분류하여 수문학적 토양군을 산정한다. 또한 이 결과와 1:25,000 축척의 토지 이용도를 이용하여 연구대상 지역의 평균 CN값을 산정하였다.

4.2 매개변수 최적화

매개변수 초기값에 따라 최적의 매개변수 값이 다르게 나타나기 때문에 초기값의 선정은 무엇보다 중요하다 할 수 있다. 최적화된 매개변수들의 범위와 차이는 다소 나타내고 있지만 이들 중에서도 초기손실, 초기기저유량 및 감수상수에서 상대적으로 큰 차이를 나타내고 있다. 이는 초기손실, 초기기저유량 및 감수상수의 초기값의 선정에 있어서 타 매개변수 초기값의 선정보다 불확실성이 크기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 이들 매개변수의 초기치 선정 방법이 지속적으로 개선되어야 할 것이다.

4.3 매개변수간 민감도 분석.

본 분석에서는 매개변수간 변동 양상에 대한 민감도 분석을 실시하고자 한다. 이를 위해 우선적으로 전 절에서 산정된 매개변수 초기값에 의해 각 매개변수의 물리적 특성을 고려하고 시행착오법에 의해 적정의 매개변수들을 추정한다. 추정된 각각의 매개변수에 대한 최소값과 최대값을 선정하고 이들의 평균을 기준으로 10%씩 증감해 가며 매개변수 상호간의 민감도를 분석하였다

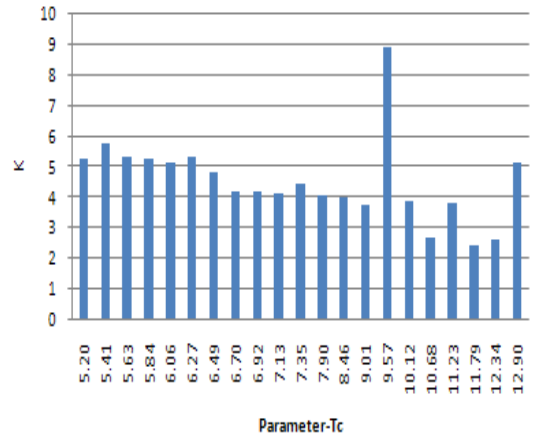


(a) 집중시간 (Tc)

4.4 매개변수 초기값에 의한 PMF

초기값에 의해 추정된 각 사상별 매개변수들을 적용하여 공간분포를 고려한 24시간 PMP를 사용하여 PMF를 산정하였다. 본 연구에서는 PMF 산정시 사용

된 모형의 매개변수 초기값 설정이 무엇보다 중요하며 특히 집중시간과 저류상수의 결정이 첨두유출량과 총유출량에 미치는 영향이 크다는 것을 인지하였다.

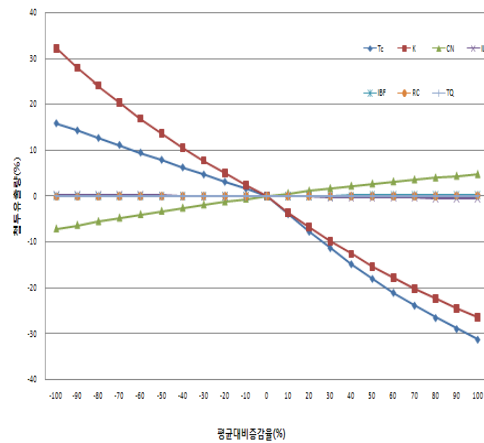


(b) 저류상수 (K)

[그림 1] 매개변수간 민감도 분석 결과(남강댐)

4.5 민감도 분석

각 댐별로 사용된 PMP는 공간분포를 고려한 24시간 값을 사용하여 HEC-HMS 모형의 매개변수 민감도 분석을 실시하고자 한다. 민감도 분석을 위해 각 사상별 매개변수의 평균값을 산정한 후 10%씩 증감하여 첨두유출량인 PMF와 총유출량의 변화를 분석하였다.



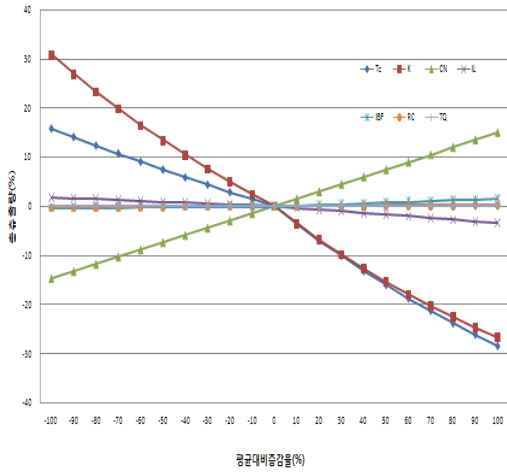
(a) 첨두유량

4.6 대표 단위도 산정 및 PMF산정을 위한 최적 매개변수 산정

확률홍수량 또는 가능최대홍수량을 산정하기 위해서는 산정하고자 하는 홍수량의 의미에 적합한 매개변수를 추정하는 것이 매우 중요하다.

[표 3] 매개변수 초기값에 의한 PMF 산정 결과의 범위

구 분		집중시간(Tc)	저류상수(K)	CN	초기손실	초기 기저유량	감수상수	Threshold 유량	전체	
남강댐	침투 유출량 (m ³ /s)	최소	19,527.0	22,301.4	15,646.7	16,892.6	16,846.2	16,844.2	16,853.4	11,570.9
		최대	11,570.9	12,377.4	17,660.5	16,774.1	16,886.3	16,866.8	16,853.4	22,301.4
		차이(%)	7,956.1(40.7)	9,924.0(44.5)	2,013.8(12.9)	118.5(0.7)	40.1(0.2)	22.6(0.1)	0.0(0.0)	10730.5(48.1)
	총유출량 (10 ³ m ³)	최소	469,142.7	530,442.1	345,695.6	412,477.2	403,955.7	404,528.4	405,335.0	290,477.9
		최대	290,477.9	296,942.1	466,363.8	391,600.8	411,585.0	406,195.8	405,335.0	530,442.1
		차이(%)	178,664.8(38.1)	233,500.0(44.0)	120,668.2(34.9)	20,876.4(5.1)	7,629.3(1.9)	1,667.4(0.4)	0.0(0.0)	239964.2(45.2)



(b) 총유출량
[그림 2] 민감도 분석 결과(남강댐)

통상 100~200년 이내의 설계빈도 이내의 확률홍수량을 추정하기 위해서는 수집된 호우사상을 적절히 대표할 수 있는 평균 단위도를 채택하는 것이 바람직하고, PMF와 같은 극한 홍수량을 모의하기 위해서는 최대 단위도 개념을 도입하는 것이 타당하리라 사료된다. 현재 국내에서 사용되고 있는 평균 또는 최대 단위도 산정방법을 살펴보면 ① 각 호우사상별로 산정된 매개변수를 평균하는 방법, ② 각 호우사상별로 산정된 매개변수 중 가장 큰 홍수량을 유발시키는 매개변수를 채택하는 방법, ③ 각 호우사상 중 가장 큰 침투홍수량에 해당하는 매개변수 집합을 이용하는 방법, ④ 각 호우사상별로 산정된 매개변수를 침투홍수량별로 도시하여 PMF에 가까운 최대 침투유량이 발생하도록 수렴하는 매개변수를 찾는 방법이 있다. 본 연구에서는 PMF 산정을 위한 최적 매개변수를 추정하는 방법으로 앞서 언한 4가지 방법 중 양질의 호우사상 유무에 따라 ①과 ④의 방법을 제안하고자 한다. 기본적으로 극한 홍수량을 의미하는 PMF를 산정하기 위해서는 ④의 과정을 통해 최대 단위도를 추정하는 방법이 적합하다고 판단된다. 유역의 수문자료 상황이 여의치 않아 양질의 호우사상 확보가 어려운 경우 ①의 과정을 통해 매개변수를 추정하는 방법을 제안하

고자 한다. 따라서 본 과업에서는 각 유역에서 추정된 호우사상별 매개변수를 분석하여 ① 또는 ④ 과정을 통해 최대 매개변수 추정 및 PMF를 산정하는 것이 바람직 할 것이다.

5. 결론

PMF 산정 기준 제시를 위해 수행한 결과는 다음과 같다. PMF 산정을 위한 강우-유출모형은 실무에서 적용사례가 다수 있으며 범용 모형인 HEC-HMS를 사용하도록 권장하였다. 대표 단위도 선정을 위해서는 관측치를 활용한 최대 개념 단위도 개념을 적용하도록 하였다. HEC-HMS에 의해 추정되는 PMF는 초기 매개변수 값의 결정에 의해 값의 차이가 크다는 것을 매개변수 민감도 분석을 통해 알 수 있었다. HEC-HMS의 매개변수 민감도 분석을 실시한 결과 집중시간 및 저류상수가 타 매개변수에 비해 민감한 것으로 나타났다. 매개변수의 초기값 선정을 위한 방법을 제시하고 최적화를 통해 최대개념의 매개변수를 선정하여 HEC-HMS 모형에 의해 PMF를 산정하여 개선된 최대매개변수 방법의 적용성이 적절하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단과 한국수자원공사의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 건설교통부, “댐의 수문학적 안정성 검토 및 치수능력 증대 기본계획수립”, 2004 9.
- [2] 한국개발연구원, “댐 설계기준의 적정성 검토 -PMP 및 PMF 산정을 중심으로-”, 2007 12.