



Effect of irrigation reservoir, antecedent soil moisture condition and Huff time distribution on peak discharge in a basin

Kwon, Minsung^a · Ahn, Jae-Hyun^b · Jun, Kyung Soo^c · Kim, Tae-Woong^{d*}

^aUrban Risk Management Research Center, Seokyeong University

^bDepartment of Civil Engineering, Seokyeong University

^cGraduate School of Water Resources, Sungkyunkwan University

^dDepartment of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University (ERICA)

Paper number: 18-003

Received: 13 January 2018; Revised: 4 February 2018; Accepted: 4 February 2018

Abstract

This study analyzed the effect of irrigation reservoirs, antecedent soil moisture conditions (AMC) and Huff time distribution on peak discharge using Monte Carlo simulation. The peak discharge was estimated for four different cases in combination of irrigation reservoir capacity, AMC, and Huff time distribution. Applying 100% reservoir capacity or AMC-III, the peak discharges corresponding return periods of 50~300 years were overestimated by 25~30% compared to those of cases that considered the probability of occurrence for individual condition. Applying the 3rd quantile huff distribution, the peak discharges were overestimated by 5% over the peak discharge that considered the probability of occurrence. The overall results indicated that the effect on the peak flood of Huff distribution was less than AMC and reservoir storage.

Keywords: Antecedent soil moisture condition, Huff time distribution, Irrigation reservoir, Peak discharge

농업용 저수지, 선행토양함수조건 및 Huff 시간 분포가 유역의 첨두홍수량에 미치는 영향 분석

권민성^a · 안재현^b · 전경수^c · 김태웅^{d*}

^a서경대학교 도시안전연구센터, ^b서경대학교 토목건축공학과, ^c성균관대학교 수자원전문대학원, ^d한양대학교 공학대학 건설환경공학과

요지

본 연구에서는 농업용 저수지의 저수율, 선행토양함수조건(AMC) 및 Huff 시간분포가 첨두유출량에 미치는 영향을 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 저수지 저수율, 선행토양함수조건 및 Huff 시간분포의 적용에 따라 4가지 경우에 대해 첨두홍수량을 산정하고 비교한 결과, 50~300년 빈도의 첨두홍수량은 저수율 100% 또는 AMC-III로 일괄 적용했을 때 각 조건의 발생확률을 고려한 첨두홍수량에 비해 20~30% 크게 산정되었다. Huff 3분위를 일괄 적용했을 때의 첨두홍수량은 발생확률을 고려한 Huff 분위 적용에 비해 5% 크게 산정되어, AMC와 저수지 저수율에 비해 첨두홍수량에 미치는 영향이 적었다.

핵심용어: 선행토양함수조건, Huff 시간분포, 농업용 저수지, 첨두홍수량

*Corresponding Author. Tel: +82-31-400-5184
E-mail: twkim72@hanyang.ac.kr (T.-W. Kim)

1. 서론

설계홍수량은 수공구조물의 종류 및 규모, 홍수로 인한 사회·경제적 손실 등을 고려한 설계빈도를 결정하여 산정하게 된다. 설계홍수량은 홍수량 자료의 빈도해석 방법과 설계강우-유출 방법으로 구분할 수 있다. 홍수량 빈도해석의 경우 홍수량 자료의 부족과 신뢰도 부족, 수문곡선 산정의 어려움 등으로 인해 설계강우-유출 방법이 일반적으로 사용되고 있다.

설계강우-유출 방법을 통한 설계홍수량 산정 과정에는 고정시간에 대한 임의시간 환산, 확률분포 추정, 면적감소계수 적용, 강수의 시간분포, 유효우량 산정, 유출모형 선정 및 매개변수 추정 등 다양한 수문학적 기법과 기술자의 판단 또는 가정이 적용된다. 이렇듯 강우-유출 방법 전반에 걸친 불확실성은 계획된 설계 빈도보다 낮은 발생확률의 홍수량을 설계홍수량으로 산정하게 되어 홍수량을 과대 추정하는 결과를 가져온다. Chae et al. (2017)은 우리나라 8개의 댐유역에 대해 강우-유출방법과 홍수량빈도해석 방법을 적용한 확률홍수량을 비교하였고, 강우-유출 방법의 확률홍수량이 홍수빈도해석의 확률홍수량에 비해 약 79% 크게 산정되는 것으로 나타났다. Lee (2003)은 평창강, 보청천, 위천 유역에 대해 홍수량빈도해석 결과와 강우-유출방법의 홍수량을 비교하였고, 홍수량빈도해석의 결과가 강우-유출방법의 홍수량에 비해 약 40~75% 수준으로 나타났음을 보였다. McKerchar and Macky (2001)은 뉴질랜드 6개 유역에 대해 분석한 결과 강우-유출방법이 홍수량 빈도해석 방법에 비해 홍수량이 과소 추정된다고 하였다.

하천의 설계홍수량 산정 실무에서는 농업용 저수지가 홍수 조절을 목적으로 하는 구조물이 아니라는 이유로 침투홍수량 저감효과를 고려하지 않고 설계홍수량을 산정하는 경우가 대부분이다. 또한 치수안정성을 이유로 유출률이 가장 높은 선행토양함수조건인 AMC-III를 적용하도록 ‘설계홍수량 산정요령(MLTMA, 2012)’에서 제안하고 있다. 이는 설계홍수량을 과대 산정하게 되는 주요 요인으로 판단된다. 또한 ‘설계홍수량 산정요령’에서는 Huff 시간분포의 3분위를 채택할 것을 권장하는데, 이는 ‘확률강우량도 개선 및 보완연구(MLTMA, 2011)’에서 평균적인 침투 발생분위가 40~50% 사이에 위치하고, Huff 2분위와 3분위의 차이가 크지 않으므로 실무적으로 3분위가 2분위보다 안전측일 가능성이 높다는 것에 근거하고 있다. 하지만 이 또한 분위별 발생확률에 근거한 빈도별 홍수량과 비교를 통해 Huff 3분위 적용에 따른 침투홍수량에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

저수지의 홍수량 저감효과와 관련한 연구는 지속적으로 수행되어 왔으나, 저수지의 운영효과 분석 및 최적 운영방안

이 주를 이루고 있다(Hwang, 1997; Gwon and Sim, 1998; Lee and Lee, 1998; Jang et al., 2007; Choi et al., 2012). 또한, 유효강수량의 산정을 위한 SCS Curve Number (CN)를 결정하기 위한 선행토양함수조건에 대한 대표적인 연구는 다음과 같다. Yoon (1991)은 가중평균 CN의 사용을 제안하였고, Yoo et al. (2005)은 AMC-II 조건의 CN은 유역의 평균 조건에서의 CN이라는 정의에 기초하여 연구대상 유역의 AMC 기준을 새롭게 제시하였다. 또한 Moon et al. (2014a, 2014b)는 USDA (2004)에서 제안한 가중평균 CN법을 국내 유역에 적용하여 가중평균 방법 및 경사도 방법을 통한 CN값 보정 연구를 수행하였다. 하지만 여전히 설계홍수량을 산정하기 위한 AMC 조건에 따른 CN의 명확한 적용 방안은 없는 실정이다.

본 연구에서는 농업용 저수지의 저수율, 선행토양함수조건, Huff 시간분포를 고려한 4가지 경우에 대해 몬테칼로 모의 (Monte Carlo simulation)를 수행하고 저수율, 선행토양함수조건 그리고 Huff 시간분포가 침투유출량에 미치는 영향을 침투홍수량의 발생확률을 바탕으로 분석하였다.

2. 강수사상 생성 및 홍수량 모의

본 연구의 연구대상 유역은 심곡(Simgok), 옥연(Okyeon), 묘곡(Myogog) 저수지 유역이며, 대상유역에 대한 정보와 위치는 Fig. 1 and Table 1에 나타내었다. 저수지 저수율과 선행토양함수조건 그리고 Huff 분포에 따른 침투홍수량 변화를 추정하기 위해서는 다양한 강수사상에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서 활용한 기상관측지점의 강수량은 대구지점이 54개년, 영천 및 영덕지점이 41개년으로 독립적인 발생 조건의 저수지 저수율과, 선행토양함수조건 그리고 Huff 분포를 다양하게 적용하기에는 강수사상의 표본이 부족하기 때문

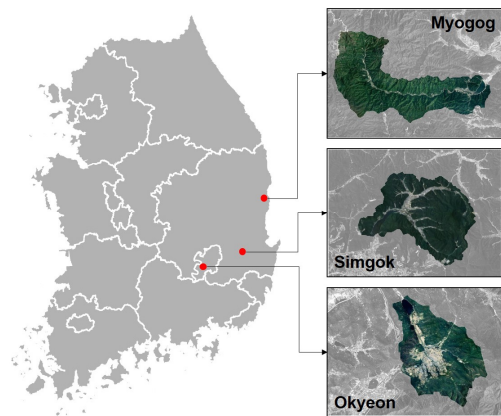


Fig. 1. Study areas

Table 1. Irrigation reservoirs used in this study

	Simgok	Okyeon	Myogog
Location	Gyeonju-si, Gyeongsangbuk-do	Dalsung-Gun, Daegu	Yeongduk-gun, Gyeongsangbuk-do
Basin area (km ²)	19.7	22.6	35.3
Water storage (10 ³ m ³)	3,124	4,534	8,671
Reservoir height (m)	17.6	24.3	26.02
Reservoir length (m)	198	112	430
Spillway crest length (m)	103	100	100
Rainfall station	Yeongcheon	Daegu	Yeongduk

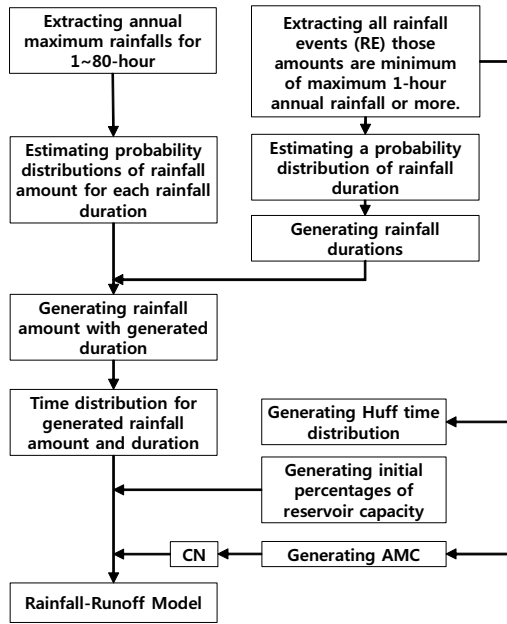


Fig. 2. Flow chart of this study

에 강수사상을 모의 발생하였다. 본 연구에서는 강수사상을 2000회 모의발생하고, 저수지 저수율, 선행토양함수조건, Huff 시간분포의 적용을 변화시켜 Monte Carlo simulation을 수행하였다. 연구방법 및 절차는 Fig. 2에 나타내었다.

2.1 강수사상 모의발생

몬테칼로 시뮬레이션을 수행하기 위해 연구대상 저수지의 인근 강수관측소인 대구, 영천 및 영덕관측소의 시강수 자료를 이용하여 강수사상을 모의발생하였다.

단일 호우사상 중 최대 강수량을 가지는 연 최대 강수사상을 기반으로 모의발생된 강수사상은 지속시간에 따라 강수량이 커지는 선형성이 크게 나타난다. Fig. 3은 심곡저수지(이하 강수관측소 대신 저수지명 사용)의 연 최대 강수사상의 강수량과 지속시간에 대해 이변량 확률분포를 추정한 후 생성된 강수량과 지속시간을 나타내고 있다. 앞에서 언급한 지속시

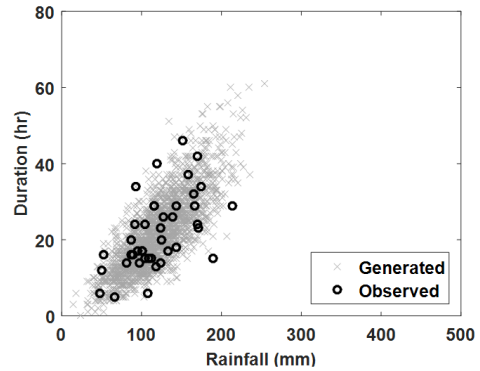


Fig. 3. Rainfall events generated from bivariate distribution of annual maximum rainfall events at Simgok

간과 강수량의 선형적 관계로 지속시간이 짧으면서 강수량이 큰 극한 사상의 모의발생이 어려운 것을 확인할 수 있다.

이에 본 연구에서는 지속시간별 연 최대 강수사상의 특성이 반영될 수 있도록, 강수사상의 지속시간을 우선 추정하고 이에 해당하는 강수량의 확률분포를 토대로 강수량을 모의발생하였다. 강수사상의 지속시간을 모의발생하기 위해 지속시간 1시간 연 최대 강수량의 최소값 이상 강수량을 가지는 모든 강수사상(rainfall event, RE)을 대상으로 하여, 연 최대 강수량은 1시간부터 80시간까지 추출하고, 연 최대 강수량에 대해서도 지속시간별로 GEV 분포를 적용하고 최우도법을 사용하여 모수를 추정하였다.

GEV 분포의 확률밀도함수(probability density function, PDF)와 누적분포함수는(cumulative distribution function, CDF)는 각각 Eqs. (1) and (2)와 같다.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{\beta(x - \mu)}{\alpha}\right)^{1/\beta - 1} \exp\left(-\left(1 - \frac{\beta(x - \mu)}{\alpha}\right)^{1/\beta}\right) \quad (1)$$

$$F(x) = \exp\left(-\left(1 - \frac{\beta(x - \mu)}{\alpha}\right)^{1/\beta}\right) \quad (2)$$

Table 2. Results of goodness of fit tests

	Simgok		Okyeon		Myogok	
	Rainfall	Duration	Rainfall	Duration	Rainfall	Duration
K-S test	A	R	A	R	A	R
χ^2 test	A	A	R (5-hr, 0~76-hr)	A	A	A
Anderson Darling test	A	A	A	A	A	A

A: Accepting the null hypothesis, R: Rejecting the null hypothesis

여기서, α 는 축척모수, β 는 형상모수, μ 는 위치모수이다. 추정된 확률분포의 적합도 검정을 위해 유의수준 5%로 K-S 검정, χ^2 검정, Anderson Darling 검정을 수행하였으며, 검정 결과는 Table 2에 나타내었다. 지속시간별 연 최대 강수량의 경우 옥연저수지의 일부 지속시간을 제외하고 모두 귀무가설을 채택하였으며, 지속시간의 경우 K-S 검정에서 귀무가설을 모두 기각하였으나, 나머지 두 검정에서 모두 귀무가설을 채택함으로써 추정된 확률분포는 적합한 것으로 나타났다.

Fig. 4는 심곡저수지의 지속시간별 연 최대 강수량과 RE의 지속시간에 대한 결합확률밀도함수(Joint PDF)를 보여주고 있다. RE의 지속시간에 대한 확률분포를 토대로 지속시간을

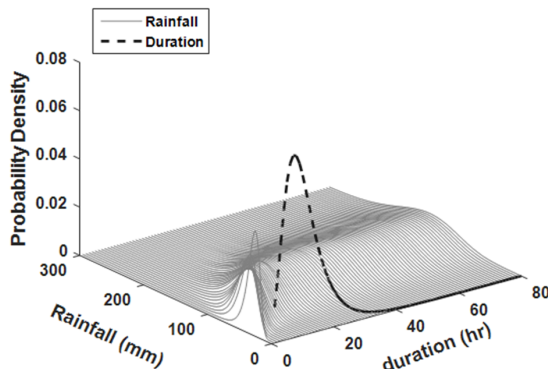


Fig. 4. Joint PDF of annual maximum rainfall and rainfall duration at Simgok

모의발생한 후 이에 해당하는 강수량을 모의발생하여 2000 개의 강수량-지속시간 조합(R-D)을 구축하였다. Fig. 5는 연 최대 강수량과 RE의 지속시간에 대한 결합확률 CDF와 R-D를 나타내고 있다. 이렇게 구축된 R-D는 Fig. 3의 연 최대 강수량사상에서 모의발생된 R-D에 비해 선형성이 크게 줄어 다중공선성의 문제를 해결하고 무작위성이 반영되어 다양한 강수의 유형을 활용할 수 있다.

R-D는 강수량과 지속시간만의 자료이므로 이를 이용하여 홍수량을 산정하기 위해서는 강수량의 시간분포가 필요하다. Figs. 6(a1), 6(b1), 6(c1)과 같이 관측된 강우사상인 RE의 Huff 분포 분위별 발생확률을 토대로 Huff 분위기를 모의발생하였다. 심곡저수지와 묘곡저수지는 2분위의 발생확률이 크게 나타났고, 옥연저수지는 3분위가 크게 나타났지만, 2분위와 3분위의 발생확률은 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있다. 모의발생된 Huff 분위기를 이용하여 강수량과 지속시간만의 조합인 R-D를 시간분포된 강우사상으로 변환하여 자료를 구축하였다. 분위별 시간분포는 ‘확률강우량도 개선 및 보완 연구 (MLTMA, 2011)’에서 제시한 값을 사용하였다.

2.2 홍수량 모의

홍수량 산정은 HEC-HMS 모형을 이용하였다. Clark 단위도법 사용하였고, Clark 단위도의 매개변수와 선행토양함수 조건별 CN은 Table 3과 같다. 이는 연구 대상 지역의 하천기본

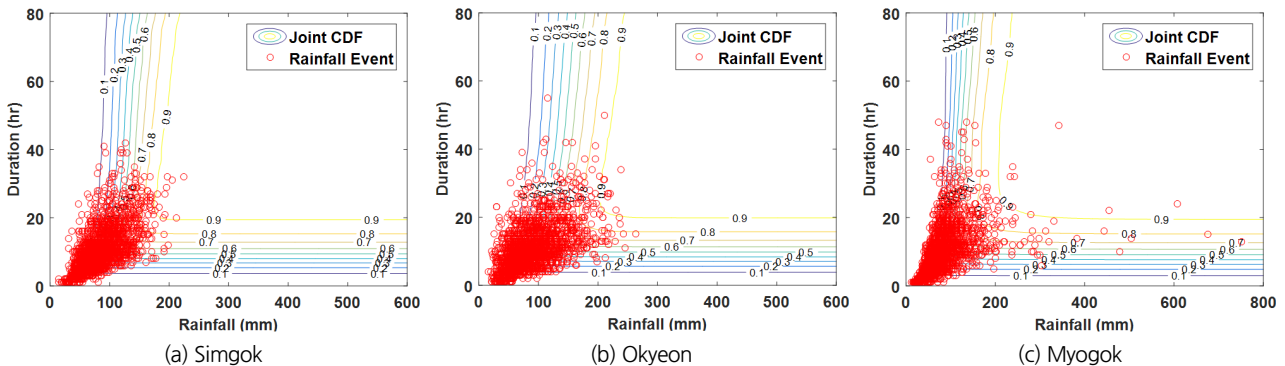


Fig. 5. Joint CDF and generated R-D

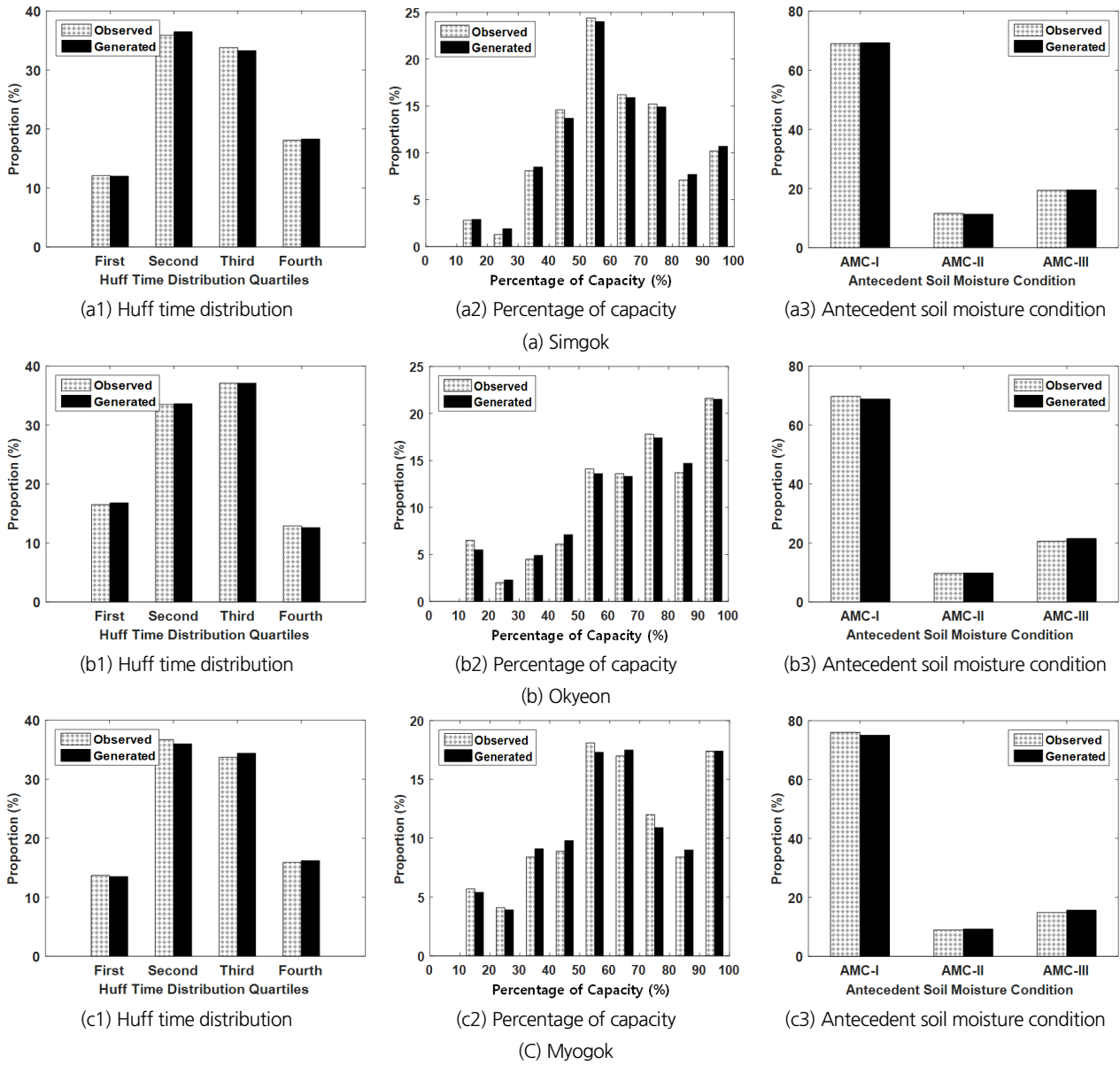


Fig. 6. Observed and generated Huff time distribution quartiles, storage rate and antecedent soil moisture condition

계획 보고서(Daegu, 2012; Gyeongsangbuk-do, 2010, 2012)를 참조하였다.

Table 3. Parameters of clark unit hydrograph and curve number

		Simgok	Okyeon	Myogok
Time of concentration		0.67	0.58	1.16
Storage coefficient		0.59	0.49	1.22
CN	AMC-I	58	46	41
	AMC-II	77	67	62
	AMC-III	89	82	79

홍수량 산정을 위한 초기 저수율은 2005년부터 2014년까지 6월부터 9월의 저수율 분포를 토대로 모의발생하였으며 (Figs. 6(a2), 6(b2), 6(c2)), CN는 RE의 선행토양함수조건이 발생확률을 토대로 모의발생하였다(Figs. 6(a3), 6(b3), 6(c3)). AMC-II 조건인 CN은 유역의 평균 조건하에서 CN을 의미하나(Mockus, 1949), 세 유역 모두 AMC-I 조건의 발생 비율이 매우 높다. 이는 기존 연구(Yoo *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2005)에서도 문제점으로 제시되었으나, 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 선행토양함수조건 구분 기준인 35.56 mm와 53.35 mm를 적용하여 발생확률별 침투홍수량을 비교하였다.

Table 4. Cases of flood simulation

Case	Storage rate	Antecedent soil moisture condition	Huff time distribution
A	Fixed (100%)	Fixed (AMC-III)	Fixed (third quartile)
B	Variable	Fixed (AMC-III)	Fixed (third quartile)
C	Fixed (100%)	Variable	Fixed (third quartile)
D	Fixed (100%)	Fixed (AMC-III)	Variable

본 연구에서는 농업용 저수지상의 인위적인 방류가 없다는 가정 하에 저수지의 월류부로 유출되는 유량을 계산하여 첨두홍수량을 산정하였다. 저수지의 저수율, 선행토양함수 조건 및 Huff 시간분포를 고려한 홍수량 비교하기 위해 Table 4와 같이 4가지 경우의 대해 홍수량을 산정하였으며, 각 경우의 R-D는 동일하게 적용하여 첨두홍수량 비교에 일관성을 부여하였다.

3. 연구 결과

Fig. 7은 Case A의 첨두홍수량과 나머지 경우의 첨두홍수량을 비교한 것이다. 동일한 강수조건에서 일부 Case A보다 첨두홍수량이 큰 것은 Case D에서 Huff 4분위일 경우이며, 이를 제외한 모든 경우에서 Case A의 첨두홍수량이 크거나 같다. Case D의 첨두홍수량은 Case B와 Case C에 비해 크게 나타나 Huff 시간분포의 영향은 농업용저수지 저수율과 선행 토양함수조건보다는 크지 않은 것을 확인할 수 있다.

산정된 첨두홍수량의 발생확률을 분석하기 위해 경우별로 첨두홍수량을 크기순으로 정렬하고 Weibull plotting position 공식을 이용한 경험적 확률(Eq. (3))을 구하였다. 이는 해당 첨두홍수량보다 작거나 같은 경우가 발생할 확률이므로 Eq. (4)를 이용하여 초과확률을 구하고 이를 Fig. 8에 나타내었다.

$$F(x_i) = P(X \leq x_i) = \frac{i}{N+1} \tag{3}$$

$$P(x_i) = P(X > x_i) = 1 - F(x_i) \tag{4}$$

여기서, i 는 자료의 크기 순서이고 N 은 전체 자료의 개수이다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 Case A와 Case D는 유사한 확률적 거동을 나타내고 있다. Fig. 7에서 확인한 바와 같이, Huff 시간분포의 영향은 저수지와 선행토양함수보다 매우 적은 것으로 나타났다.

묘곡저수지와 옥연저수지의 Case B와 Case C는 유사한 확률 거동을 나타내 있지만, 묘곡저수지의 경우 Case B의 첨두홍수량은 초과확률이 약 0.02부터 Case A로 가까워지는 것을 알 수 있다. 세 저수지의 여수로 월류부 너비가 유사한 것으로 보아 큰 호우사상이 많을 경우 초과확률이 작아질수록 Case A의 첨두홍수량과의 차이가 줄어드는 것을 알 수 있다.

Fig. 9는 재현기간 50년에서 300년 사이의 Case A에 대한 Case B-D의 첨두홍수량 비율을 나타낸 것이다. 대상 재현기간의 Case B, C, D의 Case A에 대한 첨두홍수량 비율은 심곡저수지(Fig. 9(a)) 76%, 80%, 97%, 옥연저수지(Fig. 9(b)) 79%, 79%, 95%, 묘곡저수지(Fig. 9(c)) 84%, 68%, 94%로 나타났다. Case B, Case C, Case D에 대한 Case A의 첨두홍수량은 평균 약 25%, 30%, 5% 과대 추정되었다는 것을 알 수 있다.

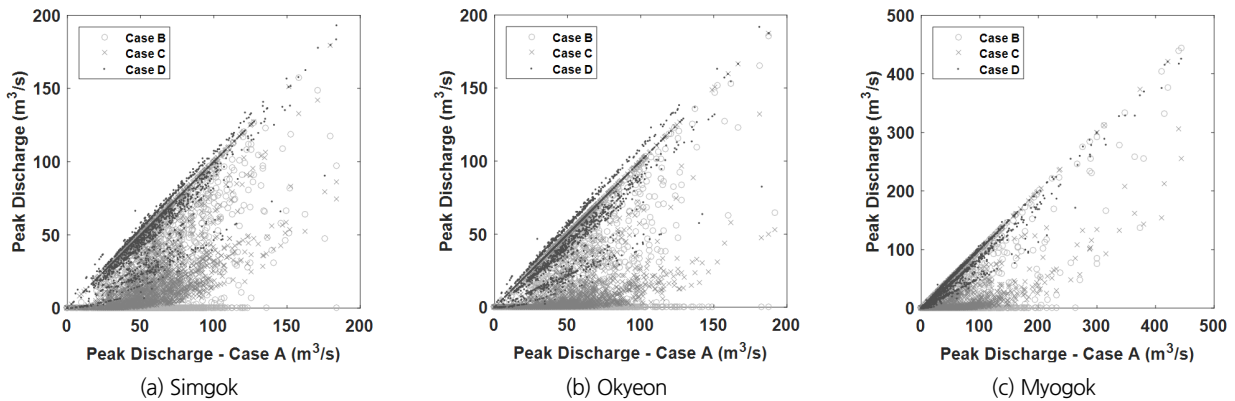


Fig. 7. Comparison of peak discharges of case A with other cases

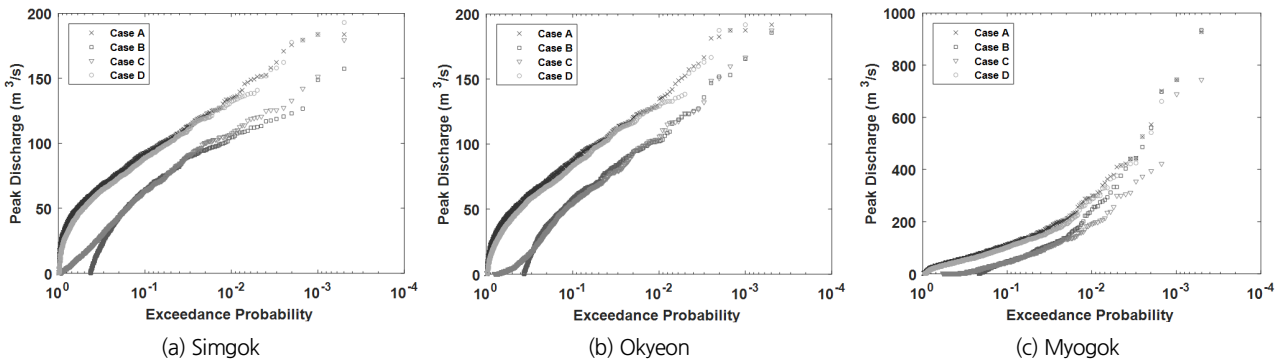


Fig. 8. Exceedance probability of peak discharge

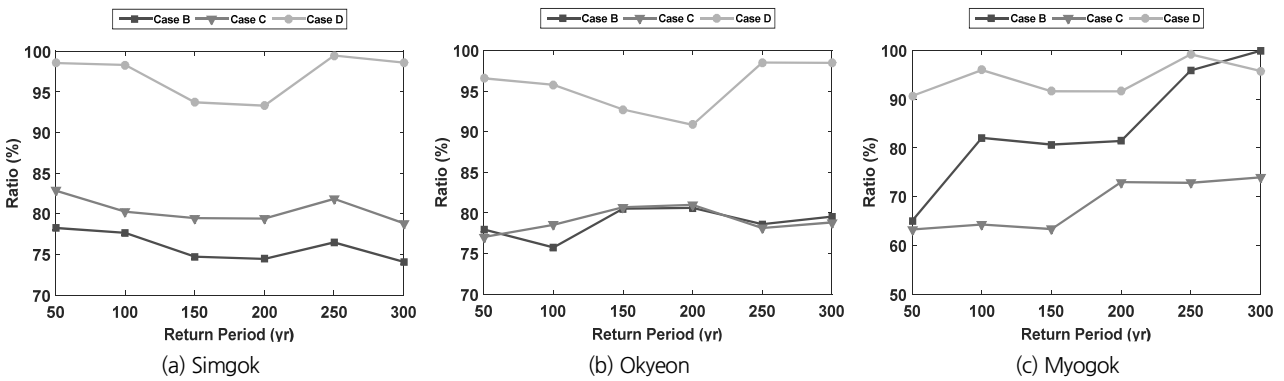


Fig. 9. Ratios of peak discharge of case A to other cases

Case B의 경우 심곡저수지와 옥연저수지는 50년에서 300년 빈도 사이에서 비율의 편차가 크지 않으나, 묘곡저수지의 경우 비율이 점차 높아지고 있다. 하지만, 200년 빈도까지는 여전히 80% 수준으로 큰 차이를 보이고 있다. 심곡저수지의 경우 Case B의 비율이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 홍수기 저수율이 낮은 것이 원인으로 판단된다.

Case C의 평균 비율은 심곡저수지, 옥연저수지, 묘곡저수지 순으로 크게 나타나는데, 이는 Fig. 10에서 보는 바와 같이 일정

값까지 CN이 작아질수록 CN(III)와의 격차가 커지므로 선행 토양함수조건에 따라 침투홍수량의 민감도가 커지는 것이 주요 원인으로 판단된다. Case D의 경우 Case A에 대한 침투홍수량 비율이 약 95%로 큰 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 2000개의 강수량, 지속기간 조합을 모의발생하고, 농업용 저수지의 저수율, 선행토양함수조건, Huff 시간분포를 고려한 4가지 경우에 대해 홍수량을 산정했으며, 각 경우별로 발생확률에 따른 침투홍수량을 비교 분석하였다.

Case B의 경우 50년에서 300년 빈도 사이의 침투홍수량이 Case A 대비 평균 76~84% 수준으로 나타났다. 하지만 상대적으로 큰 호우사상이 많이 모의발생된 묘곡 저수지의 경우 해당 빈도 사이에서 Case A와의 침투홍수량 격차가 줄어든 것으로 나타났다. 이는 묘곡저수지가 심곡과 옥연 저수지에 비해 큰 호우사상의 발생확률이 높았기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 큰 호우사상에 대해서는 저수지를 월류하는 침투 홍수량

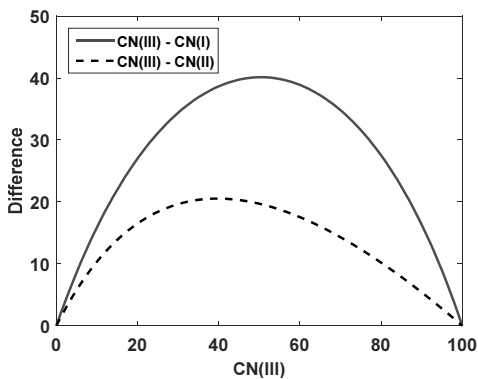


Fig. 10. Difference in curve numbers

이 초기 저수량에 받는 영향이 줄어드는 것이다. 하지만, 모곡 저수지에서 50년 빈도 첨두홍수량의 Case A 대비 Case B는 약 65%, 100~200년 빈도의 경우 약 80% 수준으로 100%로 고정된 초기 저수량의 영향이 큰 것은 부정할 수 없는 결과이다. 따라서 하천시설물의 과대 설계를 지양하기 위해 설계홍수량 산정 시 초기저수량의 적절한 설정이 필요할 것으로 판단된다. Case C의 경우 50년에서 300년 빈도 사이의 첨두홍수량이 Case A 대비 68~80% 수준으로 큰 차이가 났으며, 저수지 별로 해당 빈도 구간에서 큰 변화가 없었다. Case A에 비해 Case C의 첨두홍수량이 매우 작게 산정된 것은 AMC-I 발생 확률이 매우 높기 때문이다. 따라서 선행토양함수조건 구분 기준의 재정립 및 설계홍수량 산정 시 CN의 적절한 적용 기준 수립이 필요할 것으로 판단된다. Case D의 50년에서 300년 빈도 사이의 첨두홍수량이 Case A 대비 평균 95% 수준으로 큰 차이를 보이지 않아 설계홍수량 산정 시 Huff3분위의 사용에는 큰 문제가 없는 것으로 판단된다.

설계홍수량의 산정은 치수안정성을 확보하는 것이 우선되어야 하지만, 과대설계 역시 지양해야 한다. 이를 위해서는 설계홍수량 산정과정의 불확실성을 줄일 수 있는 방안에 대한 다각도의 검토가 필요하며, 특히 농업용저수지와 선행토양함수조건이 첨두홍수량에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 고려하여 이의 합리적인 적용방안에 대해 지속적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 정부(행정안전부)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MOIS-재난-2014-02].

References

- Chae, B.-S., Lee, J.-Y., Ahn, J.-H., and Kim, T.-W. (2017). "Estimating design floods in ungauged watersheds through regressive adjustment of flood quantiles from the design rainfall-runoff analysis method." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 50, No. 9, pp. 627-635.
- Choi, C., Yu, Y. S., and Yi, J. (2012). "Fuzzy optimal reservoir operation considering abnormal flood." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 32, No. 4B, pp. 221-232.
- Daegu (2012). *Gisegokcheon mater plan*. Daegu, Korea.
- Gwon, O. I., and Sim, M. P. (1998). "Reservoir operation at flood time by Transformed Reservoir Flood (TRF) Reservoir Operation Method (ROM)." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 31, No. 1, pp. 105-113.
- Gyeongsangbuk-do (2010). *Simgokcheon mater plan*. Gyeongsangbuk-do, Korea.
- Gyeongsangbuk-do (2012). *Namcheon mater plan*. Gyeongsangbuk-do, Korea.
- Hwang, M. H. (1997). "A study on the pre-release effects of the reservoir operation during the flood seasons." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 17, No. 5, pp. 453-460.
- Jang, S. H., Yoon, J. Y., Kim, S., and Yoon, Y. N. (2007). "An establishment of operation and management system for flood control and conservation in reservoir with gate: II. Establishment of efficient reservoir management and operation system." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 27, No. 2B, pp. 141-150.
- Lee, H.-G., and Lee, S.-H. (1998). "Optimal reservoir operation for flood control using a hybrid approach (Case study: Chungju multipurpose reservoir in Korea)." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 31, No. 6, pp. 727-739.
- Lee, J. E. (2003). *Comparative study of frequency analysis and rainfall-runoff analysis for estimating flood quantiles*. Master Dissertation, Yonsei University, p. 67.
- McKerchar, A. I., and Macky, G. H. (2001). "Comparison of a regional method for estimating design floods with two rainfall-based methods." *Journal of Hydrology*, Vol. 40, No. 2, pp. 129-138.
- MLTMA (2011). *Improvement and supplement of probability rainfall*. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Korea.
- MLTMA (2012). *Method for design flood estimation*. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Korea.
- Mockus, V. (1949). "Estimation of total (and peak rates of) surface runoff for individual storms." *Interim Survey Report Grand (Neosho) River Watershed*, Exhibit A in Appendix B, USDA, Washington DC.
- Moon, G.-W., Yoo, J. Y., Ahn, J.-H., and Kim, T.-W. (2014a). "Comparative analysis of estimation methods for basin averaged effective rainfall using NRCS-CN method." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 34, No. 2, pp. 493-503.
- Moon, G.-W., Yoo, J. Y., and Kim, T.-W. (2014b). "Comparing calculation techniques for effective rainfalls using NRCS-CN method: focused on introducing weighted average and slope-based CN." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 34 No. 4, pp. 1171-1180.
- Park, C. H., Yoo, C., and Kim, J. H. (2005). "Revised AMC for the application of SCS method: 1. Review of SCS method and problems in its application." *Journal of Korea Water Resources Association*, vol. 38 No. 11, pp. 955-962.
- USDA (2004). *Part 630 hydrology national engineering handbook, Chapter 10: estimation of direct runoff from storm rainfall*. United States Department of Agriculture.
- Yoo, C., Park, C. H., and Kim, J. H. (2005). "Revised AMC for the application of SCS method: 2. revised AMC." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 38, No. 11, pp. 963-972.
- Yoon, T. H. (1991). "Validity of runoff curve number method for estimating of effective rainfall." *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 24, No. 2, pp. 97-108.