



Redetermining the curve number of Korean forest according to hydrologic condition class

Park, Dong-Hyeok^a · Yu, Ji Soo^a · Ahn, Jae-Hyun^b · Kim, Tae-Woong^{c*}

^aDepartment of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University

^bDepartment of Civil Engineering, Seokyeong University

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

Paper number: 17-054

Received: 29 June 2017; Revised: 30 July 2017; Accepted: 30 July 2017

Abstract

The SCS-CN (Soil Conservation Service-Curve Number) method has been practically applied for estimating the effective precipitation. The CN is used to be determined according to the land use condition based on the US standard. However, there are two distinctive differences between U.S. and Korean land use conditions: mountainous (forest) and rice paddy area that cover more than 70% of the Korean territory. The previous work proposed to use 79 for rice paddy area, regardless of the soil type. Because US SCS's goal was originally to increase crops, the SCS classification standard provides only for woods and there are no criteria to distinguish the wood and forest. To determine the CN for forest, alternatively the U.S. Forest Service criteria have been employed in practice considering hydrologic condition class. In this study, we investigated the change of the forest CN using the observed rainfall - runoff data within the target area. The results indicated that the CN for forest was suitable for HC=1, and the corresponding CNs were redetermined between 54 and 55.

Keywords: Curve Number, Forest, Hydrologic condition class, SCS-CN

수문학적 조건 등급에 따른 우리나라 산림의 유출곡선지수 재산정

박동혁^a · 유지수^a · 안재현^b · 김태웅^{c*}

^a한양대학교 대학원 건설환경공학과, ^b서경대학교 공과대학 토목건축공학과, ^c한양대학교 공학대학 건설환경공학과

요 지

설계홍수량 산정을 위한 유효우량은 대부분 미국에서 개발된 SCS-CN 방법으로 계산된다. 이때 사용되는 토지이용상태에 따른 유출곡선지수 또한 미국의 기준을 토대로 결정된 것이다. 그러나 미국과 우리나라의 토지이용상태는 많은 차이가 있다. 특히 미국의 기준에는 우리나라의 면적의 70%를 차지하고 있는 산림(forest)과 담수재배하는 논에 대한 명확한 기준이 없다. 논은 경우, 이전의 연구결과를 바탕으로 논이 홍수기에 담수 상태인 것을 고려하여 토양형에 관계없이 CN값을 79로 사용하고 있다. 산림의 경우 미국 SCS의 목적이 농작물 증산에 있었기 때문에 SCS의 분류 기준은 조성림에 해당하는 수림(woods)에 대한 기준만 제시하였다. 따라서 수자원 실무에서 산림에 대한 유출곡선지수를 결정하기 위해서 미국 산림청에서 개발한 방법을 이용하고 있다. 이것은 수문학적 조건 등급을 고려하여 결정하는 대안적인 방법이다. 본 연구에서는 굴운, 방림, 왕성동 지역의 실측된 강우-유출 자료를 이용하여 산림의 유출곡선 변화를 살펴보았다. 연구결과, 산림의 CN값은 HC=1의 등급이 적당하며, 그때의 유출 곡선지수는 AMC-II 기준으로 수문학적 토양군 A는 54와 55가 적당한 것으로 나타났다.

핵심용어: 유출곡선지수, 산림, 수문학적 조건 등급, SCS-CN

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

1. 서론

설계홍수량 산정과정에서 직접유출량은 총강우량에서 손실량을 제외한 유효강우량을 강우-유출 모형에 적용하여 계산된다. 우리나라 수자원 실무에서는 주로 미국의 NRCS-CN (U.S. National Resources Conservation Service - Runoff Curve Number) 방법을 이용하여 유효우량을 산정하고 있다. NRCS-CN 방법은 1972년 미국 토양보존국(U.S Soil Conservation Service, SCS)이 개발한 것으로, 미계측 지역의 유효강우량을 산정하는데 이용되고 있다(USDA-NRCS, 2004). 그러나 이 방법은 미국에서 개발되었기 때문에 우리나라에 직접 적용하면서 여러 가지 문제점이 제기되고 있다 (MLTM, 2012a). 첫 번째 문제점은 SCS의 유출곡선지수 (Curve Number, CN) 기준에는 우리나라의 농업방식인 담수 재배 논에 대한 유출곡선지수가 없어 우리나라에 적용할 기준이 없다. 두 번째로 우리나라의 70%를 차지하고 있는 산림 (forest)에 대한 기준이 없다. 다만, 수림(woods)에 대한 기준은 제시되어 있으나, 산림과 수림의 유출율이 다르기 때문에 수림의 기준을 그대로 적용하는 것은 합리적이지 않다(MLTM, 2012a). 또한, 우리나라는 암석노출지의 비율이 높아서, 미국의 기준을 우리나라에 그대로 적용하기에는 무리가 있다 (Kim et al., 2014). 세 번째로 미국의 토지이용상태를 우리나라에 적용할 경우 서로 같은 분류기준을 적용하기가 어렵다. 즉, 우리나라의 토지이용이나 식생 등에 따라 유출특성이 다르고, 앞에서 언급한 논이나 산림에 대한 특성을 반영할 수 없다. 따라서 우리나라의 유출특성을 고려하여 유출곡선지수 기준을 조정할 필요가 있다.

우리나라의 유출특성을 고려하여 유출곡선지수 기준을 제시한 연구를 살펴보면, Im and Park (1997)은 담수재배를 통해 농사를 짓는 우리나라의 특성을 고려하여 논, 유출곡선지수를 79로 제시하였고, Park et al. (2016)은 유전자 알고리즘을 이용하여 토양형 12개 항목에 대하여 새로운 유출곡선지수를 제시하였다.

우리나라 산악지형의 형태는 관목(shrub)이나 수림(woods)이 아닌 하천유역의 많은 부분을 차지하고 있는 산림(forest)으로 적용하는 것이 합리적이다(MLTM, 2012a). 그러나 미국의 SCS에서 제시한 기준에는 수림에 대한 유출곡선지수만을 제시하고 있어 우리나라에 그대로 적용할 수 없기 때문에 산림에 대한 유출곡선지수는 미국 산림청(U.S. Forest Service)에서 제시한 방법에 따라 결정하고 있으며, 산림의 수문학적 조건등급에 따른 유출곡선지수는 Fig. 1과 같다. 수림의 경우, 수문학적 불량(poor) 조건인 HC=2.25에 해당하는 유출곡선

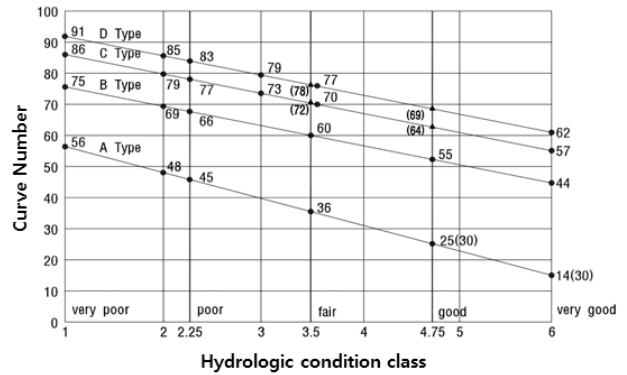


Fig. 1. Hydrologic condition class of forest (MLTM, 2012a)

지수를 사용하는 것이 적절하고, 산림의 경우에는 수림의 유출률보다 상대적으로 높다는 점을 감안하면 HC=2.25 보다 작은 값에 해당하는 유출곡선지수를 사용하는 것이 타당하다. 우리나라 하천설계기준에서는 미국 SCS에서 적용하는 수림에 대한 기준을 준용해서 HC=2.25에 해당하는 유출곡선지수를 산림에 대해서 사용하였다(KWRA, 2009). 하지만 최근에 발간된 설계홍수량 산정요령에 의하면, 현장조사를 통하여 HC=1 또는 2에 해당하는 값을 적절하게 결정하여 사용하는 것을 권고하면서 HC=2를 기준으로 제시하고 있다 (MLTM, 2012a). 이처럼 산림에 대한 유출곡선지수는 명확한 기준 없이 실무자의 판단에 따라 적용하고 있는 실정이다. 실제로 한강유역종합치수계획(MLTM, 2012b), 낙동강유역 종합치수계획(MLTM, 2009), 낙동강하천기본계획(MLIT, 2013a), 금강유역종합치수계획(MLTM, 2008), 영산강하천 기본계획(MLIT, 2013b)을 살펴보면 토양분류별 유출곡선지수 중에서 공업지역, 상업지역, 위락시설지역, 논, 하우스 재배지, 골프장, 기타초지, 내륙습지, 연안습지, 내륙수 및 해양수를 제외하고는 각자 상이한 값을 사용하고 있다.

설계홍수량산정요령(MLTM, 2012a)에서는 우리나라의 토지이용에 따른 유출곡선지수를 제시하고 있지만 이 기준을 사용하여 유출량을 산정하여 측정된 강우-유출 자료와 비교해보면 차이가 크게 발생한다. 그 이유는 SCS가 제안한 유출곡선지수가 유역의 물리적인 특징에 따라 변하지만 강우사상에 따라서도 다르게 나타나기 때문이다(Kim and Ahn, 2012). 같은 대상유역이라도 관측된 강우-유출 자료를 통해 최적화 분석을 실시하면 유출곡선지수는 다르게 나타난다. 즉, 우리나라에 토지이용상태를 제대로 반영하지 못한 토양형별 유출곡선지수를 사용하기 때문에 계산된 유출량도 실제 유출 특성을 반영하지 못하는 것이다.

본 연구에서는 토양형별 유출곡선지수 중 우리나라의 70%를 차지하고 있는 산악지역(침엽수림, 활엽수림, 혼효림)의

유출곡선지수를 재산정하였다. 유출곡선지수는 토지이용, 유역특성, 강우특성 등에 따라 변하기 때문에 모든 특성을 만족하는 토양형별 유출곡선지수를 선정하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 과거 문헌에서 제시하였던 HC 등급과 관측된 강우-유출 특성을 적용하여 산정한 결과를 비교분석하여 토양형 A에 대한 유출곡선지수를 산정하였으며, 나머지 토양군 B, C, D에 대한 유출곡선지수는 Enderlin and Markowitz (1962)가 제시한 CN aligner 공식을 이용하여 산정하였다. 기존의 문헌과 관측된 강우-유출 특성을 적용함으로써 우리나라 실정에 맞는 산림의 유출곡선지수를 제시하였다.

2. 연구방법 및 대상유역

산림에 대한 유출곡선지수(CN)를 산정하기 위해서 유역면적 중 산림이 차지하는 비율이 85% 이상인 지역을 선정하였다. 선정된 대상지역은 한강 유역에 속한 굴운(Gulun), 방림(Banglim), 왕성동(Wangsungdong) 유역이며(Fig. 2), 모두 강원도 지역이다. 굴운 유역은 유역면적 711.61 km²이며 산림지역이 622.64 km²로 87.5%를 차지하고 있다. 방림 유역은 유역면적 519.56 km²이며 산림지역이 448.67 km²로 86.36%를 차지하고 있으며, 왕성동 유역은 유역면적 401.18 km²이며 산림지역이 374.02 km²로 전체유역에서 93.23%를 차지하고 있다. 각각의 지역에 대하여 토양도와 토지이용도를 설계홍수량산정요령(MLTM, 2012a)에서 제시한 기준으로 유출곡선지수를 산정하였다. 산정된 유출곡선지수를 HEC-HMS (Hydrologic Modeling System)에 적용하여 대상지역의 유출량을 산정하였고, 관측된 강우-유출 자료를 활용하여 유출수문곡선의 최적화를 수행하였다.

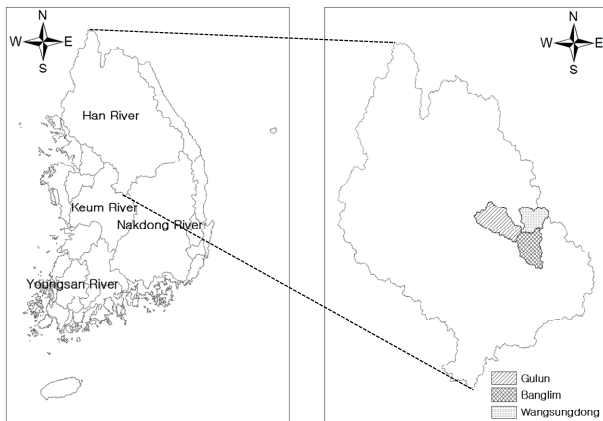


Fig. 2. Study area

설계홍수량산정요령(MLTM, 2012a)에서 제시한 기준으로 산정한 유출곡선지수를 적용하여 도출한 유출수문곡선과 HEC-HMS의 최적화를 통해 산정한 유출곡선지수를 적용하여 도출한 유출수문곡선을 비교한 결과, 최적화된 유출수문곡선이 관측된 강우-유출 사상에 근접하게 모의하는 것으로 나타났다. 대상지역 유출곡선지수의 최적화 이전과 이후를 비교해 보면 최적화 과정을 수행한 유출곡선지수가 5~7 정도 크게 산정되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 현재 사용하고 있는 설계홍수량산정요령(MLTM, 2012a)의 기준이 실제 유출 특성을 반영하지 못하고 있다는 것을 보여주는 것이며, 이를 개선할 필요성이 있다. 본 연구에서는 앞서 제기된 여러 문제점 중 산림의 유출곡선지수에 대한 대안을 마련하기 위하여 Fig. 3과 같은 과정을 통하여 관측된 강우-유출 자료를 바탕으로 산림에 대한 유출곡선지수를 수문학적 조건 등급(HC)에 따른 기준을 바탕으로 재산정하였다. 이 과정에서 토양형 A에 대한 유출곡선지수를 변화시키며 분석하였으며, 토양형 B, C, D에 대한 유출곡선지수는 CN aligner 공식을 이용하여 산정하였다. CN aligner 공식은 수문학적 토양군에 따른 CN 값의 관계를 수식으로 나타낸 공식으로써, Park, et al. (2016)이 토양형 A에 대한 CN을 산정한 후 토양형 B, C, D에 대한 CN을 산정하는 과정에서 적용한 바 있다. 본 연구에서도 CN aligner 공식을 이용하여 토양형별 CN을 산정하였으며, 대상 지역 별로 최적화된 유출곡선지수와 가장 오차가 작게 나타나는 산림의 수문학적 조건 등급을 본 연구의 결과로 채택하였다.

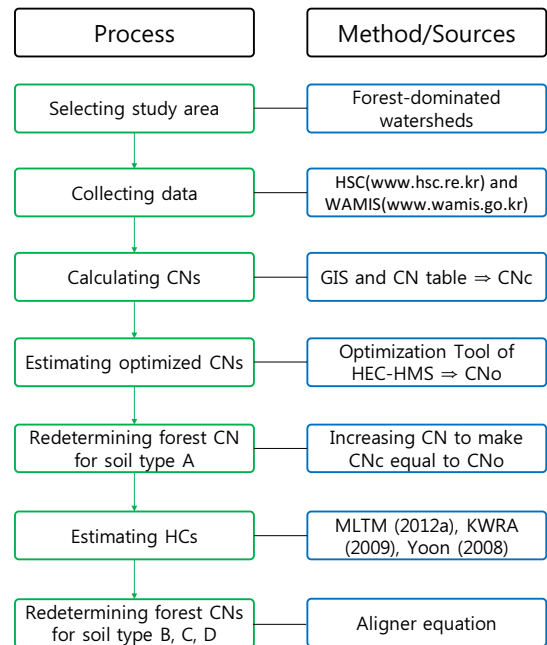


Fig. 3. Research flowchart

3. 연구결과

3.1 유출곡선지수(CN) 산정

대상유역의 관측된 유량자료는 유량조사사업단(www.hsc.re.kr)으로부터 제공받았다. 대상 유역의 유출곡선지수를 결정하기 위하여 국가수자원관리종합정보시스템(www.wamis.go.kr)에서 제공하는 토지피복도와 토양도를 이용했으며, 토지피복도와 토양도 모두 30 × 30의 래스터 자료를 이용하였다. 유역의 선행토양함수조건은 AMC-II 조건을 적용했으며, 유출곡선지수 산정에 사용된 토지피복도와 토양도의 현황은 Tables 1 and 2와 같다.

3.2 HEC-HMS를 이용한 CN 최적화

관측된 강우-유출 자료를 이용해 유출수문곡선의 최적화를 실시하기 위해 HEC-HMS를 활용하였다. 본 연구에서는 산림의 CN의 변화에 따른 유출수문곡선의 영향을 분석하기 위하여 도달시간(T_c)과 저류상수(K)는 변화시키지 않고 유출곡선지수만을 변화시켜 최적화 분석을 실시하였다.

HEC-HMS를 통해 최적화된 CN을 산정하기 위하여, 대상 유역의 도달시간(T_c), 저류상수(K)는 각각의 매개변수 산정 공식을 이용하여 산정했으며, 초기 CN값은 MLTM (2012a)에서 제시한 값을 사용하였다. 사용된 매개변수와 최적화된 CN은 Table 3과 같다. 본 연구에서는 산림지역의 CN 변화를

Table 1. Land cover of study area (km²)

Code	Main category	Sub category	Gulun	Banglim	Wangsungdong
110	Urban	Residential	5.64	1.86	0.287
120	Urban	Manufacturing	0.07	0.05	0.000
130	Urban	Commercial	0.07	0.99	0.039
140	Urban	Recreational	0.00	0.00	0.000
150	Urban	Street & roads	2.59	2.65	0.960
160	Urban	Public establishment	0.76	0.26	0.043
210	Agriculture	Rice paddy	42.25	15.28	8.259
220	Agriculture	Farm	27.80	40.84	12.606
230	Agriculture	Vinyl greenhouse	0.02	0.24	0.094
240	Agriculture	Orchard	0.06	0.16	0.009
250	Agriculture	Other plantations	0.18	0.32	0.000
310	Forest	Broad-leaved forest	145.43	162.09	224.666
320	Forest	Coniferous forest	411.28	226.19	54.206
330	Forest	Mixed stand forest	65.93	60.39	95.147
410	Open space	Natural pasture	0.34	1.20	0.174
420	Open space	Golf course	0.00	0.77	0.000
430	Open space	Other grassland	1.10	1.32	1.941
510	Open space	Inland wetland	0.97	0.28	0.055
520	Wetlands	Coastal wetlands	0.00	0.00	0.000
610	Bare ground	Mining area	0.00	0.13	0.012
620	Bare ground	Other bare ground	2.38	2.57	0.833
710	Water surface	Inland water surface	4.75	1.96	1.848
720	Water surface	Marine water	0.00	0.00	0.000

Table 2. Soil type of study area (km²)

Soil type	Gulun	Banglim	Wangsungdong
A	513.26	376.58	310.88
B	174.19	81.63	85.46
C	16.13	29.77	0.92
D	8.03	31.58	3.92

Table 3. Basic Information of watersheds

Watershed	Type of watershed	Area (km ²)	T _c	K	Initial CN	Optimum CN
Gulun	Forest	711.61	5.08	6.55	56.6	61
Banglim	Forest	519.56	3.20	4.12	56.9	61
Wangsungdong	Forest	401.18	3.19	3.32	54	60

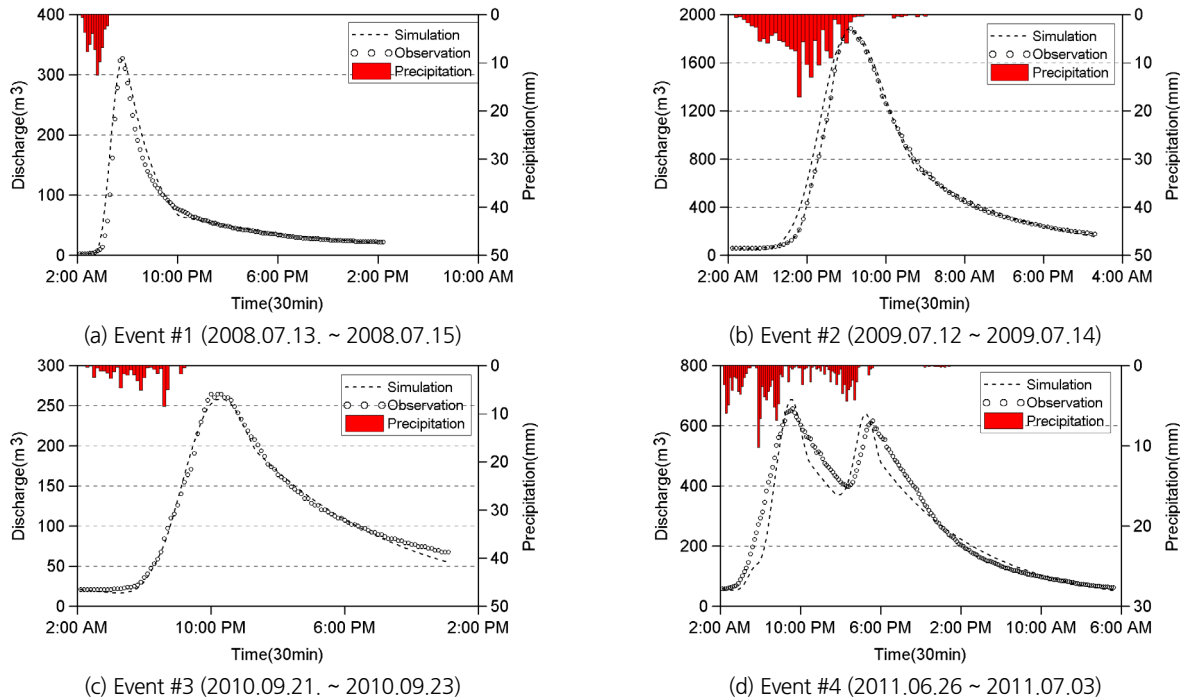


Fig. 4. Comparison of the observed and simulated values (Gulun)

분석하기 위하여 도달시간과 저류상수는 고정하고 관측된 강우-유출 자료를 이용하여 CN값을 재산정하였다. 분석에 사용된 강우-유출 자료는 총 18개 사상(굴운 6개, 방림 7개, 왕성동 5개)이다. 관측된 강우-유출 자료를 통하여 최적화 과정을 수행한 결과는 Fig. 4에 나타내었으며, 평균적으로 굴운과 방림의 CN은 약 5가 증가하여 61로 나타났으며, 왕성동의 CN은 6이 증가하여 60으로 나타났다.

3.3 수문학적 조건등급에 따른 CN 결정

미국 SCS와 우리나라 하천설계기준(KWRA, 2002; 2005; 2009)에서는 수문학적 조건 등급 HC=2.25를 기준으로 수문학적 토양군 A에 대한 산림의 CN값으로 45를 사용했으나, 설계홍수량산정요령(MLTM, 2012a)에서는 Yoon (2008)이 제시한 HC=1과 미국 SCS의 기준(HC=2.25) 사이인 HC=2를 기준으로 수문학적 토양군 A에 대한 산림의 CN값을 48을 사용하였다(Table 4).

설계홍수량산정요령은 산림의 CN값에 대한 명확한 근거

를 제시하지 않았기 때문에 우리나라의 토양조건을 제대로 반영했는지의 여부를 판단할 수 없다. 본 연구에서는 그러한 단점을 보완하기 위하여 수문학적 토양군 A의 CN값을 변화시키면서 대상 유역에서 산정된 최적화 전후의 CN과의 차이를 비교해 보았다. 토양군 A를 변화시키면서 나머지 B, C, D의 값은 CN aligner 공식(Eq. (1))을 사용하였다(Enderlin and Markowitz, 1962; Park et al., 2016).

$$\begin{aligned}
 \text{CN(B)} &= 37.8 + 0.622 \times \text{CN(A)} \\
 \text{CN(C)} &= 58.9 + 0.411 \times \text{CN(A)} \\
 \text{CN(D)} &= 67.2 + 0.328 \times \text{CN(A)}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서, CN(A), CN(B), CN(C), CN(D)는 토양형 A, B, C, D에 대한 CN값이다. CN aligner 공식의 적용성은 Park et al. (2016)에서 확인된 바 있다. CN aligner 공식을 적용하여 산정한 토양형별 유출곡선지수와 MLTM (2012a)에서 제시한 유출곡선지수를 비교해보면, 오차범위 5% 이내에 포함되는 결

Table 4. Changes in CN as documented

Division	Forest division	Curve numbers for soil type				Hydrologic condition class
		A	B	C	D	
SCS	Wood	45	66	77	83	HC = 2.25
KWRA (2002)	Wood	45	66	77	83	HC = 2.25
KWRA (2005)	Wood	45	66	77	83	HC = 2.25
KWRA (2009)	Wood	45	66	77	83	HC = 2.25
MLTM (2012a)	Coniferous forest	48	69	79	85	HC = 2
	Broad-leaves forest	48	69	79	85	
	Mix forest	48	69	79	85	
Yoon (2008)	Forest	56	75	86	91	HC = 1

과를 보였다. 그러나 모든 토양형에서 유출곡선지수 79를 사용하는 논문은 제외하였다.

본 연구에서는 산림의 유출곡선지수의 변화에 따라 최종적인 대상구역의 유출곡선지수가 어떻게 변하는지 살펴보기 위하여 산림의 CN을 0~100까지 변화시키면서 최적화 전후의 CN값들을 비교·평가하였다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 대상지역 모두 토양형 A의 값을 변화시키기에 따라 차이가 줄어들다 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 변화된 CN에 따라 최적화 이전의 CN값을 비교해본 결과 대상지역 모두 HC=2의 기준인 CN값 48에서 굴운 유역은 0.3, 방림 유역은 0.23, 왕성동 유역은 0.27로 가장 작은 차이를 보였다. 최적화 이후의 CN값의 차이를 비교해 본 결과(Table 5), 굴운과 방림 유역은

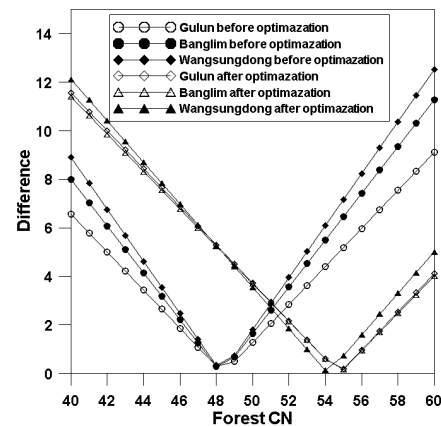


Fig. 5. Sensitivity analyses according to CN change

Table 5. Comparison of differences before and after optimization

Forest CN	Variation of Curve Number			Difference from before optimization			Difference from after optimization		
	Gulun	Banglim	Wangsungdong	Gulun	Banglim	Wangsungdong	Gulun	Banglim	Wangsungdong
44	53.2	53.6	50.3	3.43	3.31	3.69	8.43	8.31	8.69
45	54.0	54.3	51.2	2.65	2.54	2.84	7.65	7.54	7.84
46	54.8	55.1	52.0	1.86	1.77	1.98	6.86	6.77	6.98
47	55.6	55.9	52.9	1.08	1.00	1.12	6.08	6.00	6.12
48	56.4	56.7	53.7	0.30	0.23	0.27	5.30	5.23	5.27
49	57.1	57.4	54.6	0.49	0.54	0.59	4.51	4.46	4.41
50	57.9	58.2	55.4	1.27	1.31	1.45	3.73	3.69	3.55
51	58.7	59.0	56.3	2.05	2.08	2.30	2.95	2.92	2.70
52	59.5	59.7	57.2	2.84	2.85	3.16	2.16	2.15	1.84
53	60.3	60.5	58.0	3.62	3.62	4.02	1.38	1.38	0.98
54	61.1	61.3	58.9	4.41	4.39	4.87	0.59	0.61	0.13
55	61.8	62.0	59.7	5.19	5.16	5.73	0.19	0.16	0.73
56	62.6	62.8	60.6	5.97	5.93	6.59	0.97	0.93	1.59
57	63.4	63.6	61.4	6.76	6.70	7.44	1.76	1.70	2.44
58	64.2	64.4	62.3	7.54	7.47	8.30	2.54	2.47	3.30
59	65.0	65.1	63.1	8.32	8.24	9.15	3.32	3.24	4.15

Table 6. Runoff curve number of hydrologic soil cover complexes

Code	Main category	Sub category	A	B	C	D	Note
310	Forest	Broad-leaved forest	48	69	79	85	Existing
			55	72	82	85	Improvement
320	Forest	Coniferous forest	48	69	79	85	Existing
			55	72	82	85	Improvement
330	Forest	Mixed stand forest	48	69	79	85	Existing
			55	72	82	85	Improvement

HC=1.125와 CN값 55에서 가장 작은 차이(각각 0.19와 0.16)가 나타났으며, 왕성동 유역은 HC=1.25와 CN값 54에서 가장 작은 차이(즉, 0.13)가 나타났다. 이를 고려하여 산림의 유출곡선지수를 개선한 토양형별 유출곡선지수는 Table 6과 같다.

Park et al. (2016)이 제시한 토지이용상태에 따른 유출곡선지수는 유전자 알고리즘을 이용하여 12개의 토지이용상태에 대해 제시된 것이지만, 대상유역의 토지이용상태가 고르지 못하여 각각의 토지이용에 따른 경중을 고려했다고 할 수 없다. 그러나 본 연구에서는 산지지형으로 이루어진 대상유역을 선정하고 산지지형에 대한 유출곡선지수만을 분석했기 때문에 보다 명확한 결과를 도출하였다.

4. 결론

우리나라에서 사용하고 있는 산림의 유출곡선지수 기준은 미국의 기준을 참고하여 작성된 것이기 때문에 우리나라 현황에 맞지 않는다. 그러한 상황을 개선하기 위해 본 연구는 NRCS-CN 방법으로 유효강우량을 산정하는 경우에 사용하고 있는 토지이용 분류기준 중 산림에 대한 유출곡선지수를 관측된 강우-유출 자료를 통해 최적화된 유출곡선지수를 비교·평가하였다.

과거 하천설계기준에서 적용했던 기준인 HC=2.25에 대한 문제점을 고려하여 설계홍수량산정요령에서는 HC=2를 기준으로 산림에 대한 유출곡선지수를 산정하여 사용하고 있다. 본 연구에서는 뚜렷한 공학적 근거없이 제시된 수문학적 조건등급의 적합성을 판단하기 위하여 관측된 강우-유출을 기반으로 하여 최적화 전후의 유출곡선지수와 비교·평가하였다. 그 결과 최적화 적용 이전의 유출곡선지수가 가장 작은 차이를 보이는 구간은 48로써 설계홍수량산정요령에서 제시한 기준과 같은 HC=2인 것으로 나타났다. 그러나 관측된 강우-유출 자료를 반영한 최적화 적용 이후의 유출곡선지수는 54~55로써 HC=1.125~1.25 사이의 값이 가장 작은 차이를 보였다. 즉, 최적화 적용 이후의 유출곡선지수는 현재 기준으로

사용하고 있는 HC=2가 아닌 HC=1 (즉, 1.125~1.25)에 더 가까운 값으로 나타났으며, 그 값은 수문학적 토양군 A의 유출곡선지수를 기준으로 54~55 사이의 값인 것으로 나타났다.

관측된 강우-유출 자료를 기반으로 하여 유출곡선지수를 재산정하고 그에 가장 가까운 유출곡선지수를 산정할 수 있는 산림의 토양형 기준이 국내의 현황을 보다 잘 반영할 수 있다고 할 수 있다. 본 연구의 결과가 3개 지역만을 고려하여 유출곡선지수를 제시하였다는 단점을 가지고 있지만, 다른 산림 지역에 대한 추가 분석을 통해 우리나라를 대표할 수 있는 유출곡선지수를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설기술혁신사업의 [설계홍수량 산정방법개발(11-기술혁신-C06)] 과제의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Enderlin, H. C., and Markowitz, E. M. (1962). "The classification of the soil and vegetative cover types of California watersheds according to their influence on synthetic hydrographs." *Presentation at Second Western National Meeting of the American Geophysical Union at Stanford University*, Dec 27-29, 1962. 5 pp with attachments.
- Im, S. J., and Park, S. W. (1997). "Estimating runoff curve numbers for paddy fields." *Journal of Korean Water Resources Association*, Vol. 30, No. 9, pp. 379-387 (in Korean).
- Kim, J. H., Yoo, C. S., Park, M. J., and Joo, J. G. (2014). "Evaluation of problems to apply runoff curve number to mountain area in Korea." *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 14, No. 5 (Oct. 2014), pp. 293-298 (in Korean).
- Kim, J. S., and Ahn, J. H. (2012). "A study on the selection of AMC of curve number." *Journal of Wetlands Research*, Vol. 14, No. 4 (2012. 11) pp. 519-535 (in Korean).

- KWRA (Korea Water Resources Association) (2002). *River standards for design · explanation* (in Korean).
- KWRA (Korea Water Resources Association) (2005). *River standards for design · explanation* (in Korean).
- KWRA (Korea Water Resources Association) (2009). *River standards for design · explanation* (in Korean).
- MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, and Transport) (2013a). *Nakdong River mater plan* (in Korean).
- MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, and Transport) (2013b). *Yongsan River mater plan* (in Korean).
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs) (2008). *Geum River Basin comprehensive flood mitigation plan* (in Korean).
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs) (2009). *Nakdong River Basin comprehensive flood mitigation plan* (in Korean).
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs) (2012a). *Design flood estimation methods* (in Korean).
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs) (2012b). *Han River Basin comprehensive flood mitigation plan* (in Korean).
- Park, D. H., Kang, D. S., Ahn, J. H., and Kim, T. W. (2016). "Redetermination of curve number using genetic algorithm and CN aligner equation." *Journal of Korean Water Resources Association*, Vol. 49, No. 5, pp. 373~380 (in Korean).
- USDA-NRCS (United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service) (2004). *National Engineering Handbook*, Part 630 Hydrology, Chapter 10: Estimation of direct runoff from storm rainfall, Washington DC.
- Yoon, Y. N. (2008). *Elementary hydrology*, Chungmungak.