

SCS방법에 의한 유출량 산정을 위한 Curve Number 추정 방법

김 재 한* 정 관 수* ○ 이 근 영**

1. 서 론

유역으로부터 유출의 평가는 강우-유출과정에 영향을 미치는 기후인자와 지형학적 인자들의 다양한 성분들 때문에 매우 복잡한 양상을 가진다.

따라서 유출 해석을 위한 수문 모형을 사용하기 위해서는 이러한 많은 수문자료들이 필요하게 되는데 이러한 수문자료가 없는 미계측 유역에 대한 유출의 평가는 매우 어려운 일이다.

이러한 유출량 자료가 없는 미계측 유역에서 미국 SCS의 Curve Number에 의한 유효강우의 추정방법은 유역의 토양특성과 식생 피복상태에 대한 자료만으로 총우량으로부터 초과강우량을 산정하여 농업 수리구조물의 계획이나 설계를 위한 홍수량 산정을 가능하게 한다.

그러나 SCS 방법은 미국내의 여러 유역에 대한 실험적인 적용과 분석을 통해 얻은 결과이므로 미국과 유역의 지리적 특성, 토양형, 지표의 관리 상태 등이 다른 우리나라 유역에 그대로 적용하는 것은 신뢰성에 문제가 있을 수 있다.

본 연구에서는 Curve Number를 우리나라에 적용하기 위해 타당성 있는 추정방법의 산정을 시도하였다.

2. SCS 방법

총우량으로부터 유효 우량을 결정하는 방법에는 Horton의 浸透能曲線法, Φ -Index법 등이 있으나 이 방법들은 호우에 대한 유출량 자료가 없을 경우 직접 산정이 불가능하므로 직접 유출량을 계산할 수 없다. 이와 같이 유출량 자료가 없는 경우에 대해서는 미국 토양보존국(Soil Conservation Service, SCS)에 의해 개발된 유출 곡선 번호(Runoff Curve Number, CN)방법을 사용할 수 있다.

강우와 유출, 그리고 저류의 관계는 식 (1)과 같은 연속 방정식으로 구성할 수 있다

* 충남대학교 토목공학과 교수

** 충남대학교 토목공학과 대학원 박사과정

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (1)$$

여기서 P : 총강우량 (mm), P_e : 직접유출, 초과 강우 (mm)

I_a : 초기 손실 (mm), F_a : 실제 보유 수량 (mm)

또한 실제 저류량 F_a과 최대저류량 S의 관계를 고려하여 P_e에 대해 풀면 식 (3)과 같다.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (P > I_a) \quad (2)$$

$$P_e = 0 \quad (P \leq I_a)$$

식 (2)는 강우로부터 유효우량의 깊이 또는 직접 유출의 계산하기 위한 SCS 방법의 기본 방정식이다.

초기 손실량은 최대 저류량 S와 선형관계에 있으므로 비례상수를 0.2로 하여 다시 정리하면 식 (3)과 같다.

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (P \geq 0.2S) \quad (3)$$

SCS에서는 유효우량과 총우량의 관계를 표준화 하기 위해 곡선번호 (Curve Number)를 $0 \leq CN \leq 100$ 으로 정의하였는데 곡선번호 CN은 유역의 수문학적 토양형, 토지이용과 처리상태 및 선행토양함수조건의 함수이다.

곡선번호 CN과 최대잠재보유수량 S의 관계는 다음 식 (4)와 같다.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (4)$$

$$CN = \frac{25400}{S + 254}$$

3. 관측 CN값의 산정

대상 유역에서 관측된 직접유출량과 GIS 기법을 사용하여 유역의 토양특성-피복특성에서 산정한 직접 유출량을 비교하기 위해 앞에서의 식 (3)과 (4)를 직접 유출량 P_e에 대해 정리하여 CN의 항으로 나타내면 다음과 같다.

$$P_e = \frac{[P - 50.8(\frac{100}{CN-1})]^2}{P + 203.2(\frac{100}{CN-1})} \quad P > 50.8(\frac{100}{CN} - 1) \quad (5)$$

또한 유역으로부터 강우-유출자료가 주어질 경우 식 (3)과 (4)에 의해 CN가 산정될 수 있으므로 식 (3)을 S에 대하여 풀고 식(4)에 대입하여 CN에 대해 정리하면 다음 식 (6)과 같이 관측된 직접 유출량으로부터 CN값을 구할 수 있다.

$$CN_{obs} = \frac{25400}{254 + 5P + 10P_e - 10(P_e^2 + 1.25P_eP)^{\frac{1}{2}}} \quad (6)$$

4. 적용예

1) 연구대상 유역

본 연구의 대상유역은 금강 상류부에 위치한 유역면적 680.87Km², 유로연장 64.3Km 인 초강천 유역으로 하였다.

2) 수문 자료

관측 Curve Number를 산정하기 위해 선택한 강우사상은 표1과 같다.

그림 1 연구대상 유역 위치도

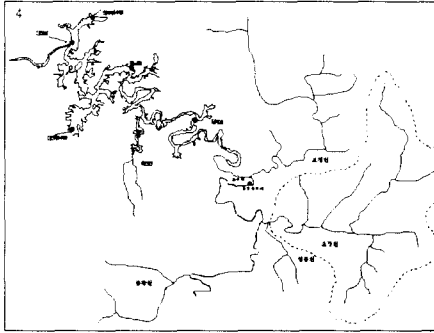


표 1 초강천 유역 선정 강우자료

호우 사상 발생일	총강우량 (mm)	직접유출량 (mm)	유출률 (%)
93년 5월 12일	109.94	58.56	53.26
93년 5월 21일	46.08	10.58	22.97
93년 6월 28일	123.1	44.48	36.13
93년 7월 11일	286.36	248.59	86.81
93년 7월 31일	152.64	101.20	66.30
93년 9월 15일	94.32	32.64	34.60
94년 6월 29일	97.06	32.72	33.71
96년 6월 16일	205.21	94.98	46.29
96년 6월 24일	179.63	82.29	45.81
96년 6월 27일	33.13	17.99	54.31

5. 결과

1) 대상유역의 토양-피복자료로부터 산정한 Curve Number는 다음 표 2와 같다.

표 2 초강천 유역의 평균 Curve Number (AMC-II 조건)

단위 : Km²

토지 이용상태	토양형								총면적	AMC-II 일 때 CN
	A		B		C		D			
	면적	CN	면적	CN	면적	CN	면적	CN		
논	9.50	67	11.73	78	23.90	85	0.11	89	45.24	79.41
밭	16.75	63	25.63	75	17.76	83	1.33	87	61.47	74.30
임야	239.18	72	83.46	82	95.12	87	45.55	89	463.30	78.55
대지	1.60	59	3.87	74	4.19	82	0.22	86	9.88	75.23
기타	0	56	0	75	39.13	86	0	91	39.13	86.00
합계	267.04		124.69		180.10		47.20		619.02	78.61

2) 이상의 결과로부터 유역의 Curve Number를 산정하고 유역의 직접 유출량에 의한 Curve Number를 계산하기 위해 표 1의 강우 사상을 이용하여 직접유출량을 산정하면 다음 표 3과 표 4와 같다.

표 3 산정된 CN값의 비교

	AMC-I	AMC-II	AMC-III
토양-피복 자료에서 산정 CN	60.69	78.61	89.42
우량-유출량 자료에서 산정 CN	74.10	86.59	93.63
차이 (%)	22.10	10.15	4.71

표 4 직접유출량의 비교

호우 발생일	총강우량 (mm)	SCS에 의한 직접유출량	수문곡선에 의한 직접 유출량
93년5월12일	109.94	24.56	58.55
93년5월21일	46.08	0.98	10.58
93년6월28일	123.10	31.93	44.48
93년7월11일	286.36	153.67	248.59
93년7월31일	152.64	50.42	101.20
93년9월15일	94.32	16.69	32.64
94년6월29일	97.06	17.99	32.72
96년6월16일	205.21	88.13	94.98
96년6월24일	179.63	69.16	82.29
96년6월27일	33.13	12.87	17.99

3) 기존의 CN 산정 방법에서 필요한 토양-피복 자료를 GIS에서 작성한 수치 지도를 이용해 산정한 유효강우량은 수문곡선에서 구한 유효강우량보다 그림 2와 같이 AMC-II 조건일 경우는 35.57%, AMC-III 조건일 경우는 28.50% 작게 산정되었다.

유효강우량의 비교

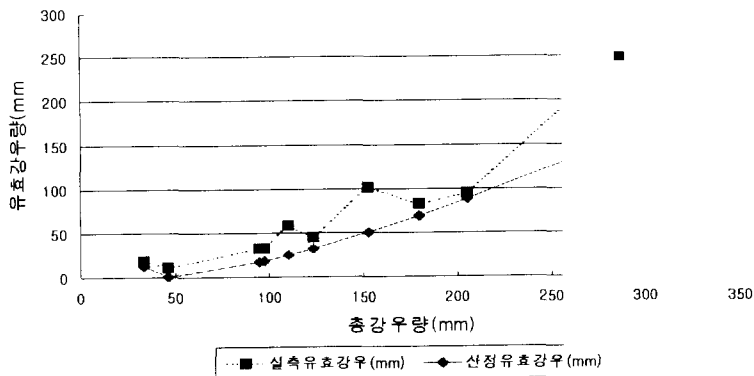


그림 2 실측유효강우와 산정유효강우의 비교

6 결론

본 연구에서는 SCS의 Curve Number 방법을 우리나라에 적용시키기 위해 필요한 적절한 추정 방법을 도출하기 위해 수문관측 자료로부터 Curve Number를 산정하여 이를 GIS를 이용해 토양-피복관계로부터 산정한 Curve Number와 비교하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 토양-피복 자료를 이용하여 구한 CN값은 강우-유출 자료에서 구한 CN값보다 AMC 조건별로 약 22%, 10%, 5%만큼 작게 산정됨을 알 수 있다.

2) 토양-피복 자료를 GIS에서 작성한 수치지도를 이용해 산정한 유효강우량은 AMC-II조건인 경우는 강우-유출 자료에서 구한 유효강우량보다 35.57%가 작게 산정되었고 AMC-III 조건일 경우는 28.50% 작게 산정되었다.

3) 본 연구 결과는 우리 나라 미계측 유역에 SCS-CN 방법을 적용할 때 토양-피복 자료에 의한 CN방법이 유역의 유출량을 실제 유출량보다 작게 산정하므로 작게 산정되는 비율만큼을 고려하여 유효강우량을 산정하여야 함을 보여 준다.

4) 우리나라 유역에 적용 가능한 CN을 추정하기 위해서는 실제 유출량에 의한 CN을 산정하여 SCS의 CN과 비교하여 적절한 보정값을 산출함으로써 가능할 것이다.

참 고 문 헌

1. 과학기술처, 수자원관리를 위한 GIS DB 구축 및 응용 소프트웨어 개발(II)-환경정보관리를 위한 GIS개발(II), 1996

2. 김상현, "Tile Drain의 영향과 GIS를 연계한 농경지 유역에 대한 수문학적 모의", 한국수문학회지, 29(6), pp. 203-216, 1996.

3. 김태철, 박승기, 김승태, 구병준, "우리유역에 적합한 새로운 개념의 Curve Number", '95 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 295-300, 1995. 5

4. 선우중호, 윤용남, 심순보, 이순탁, "정밀계측된 소유역의 강우 및 유출특성", 한국수문학회지, 10(1), pp. 53-70, 1977

5. 선우중호, 윤용남, 심순보, 이순탁, "SCS方法 및 回歸分析에 의한 有效降雨量 決定", 한국수문학회지, 10(2), pp. 101-111, 1977

6. 尹龍男, 沈淳輔, "單位流量圖法에 依한 小流域의 計劃洪水量算定, 한국수문학회지, 9(2), pp. 76-86, 1976

7. 윤태훈, "有效雨量 算定을 위한 曲線番號方法의 適用性", 한국수문학회지, 24(2), pp. 97-108, 1991