우리 유역에 적합한 새로운 개념의 Curve Number
(New Concept of Curve Number Applicable to the Korean Watersheds)

金泰喆* 朴承基** 金承泰** 丘英俊**

1. 서론

우리 유역에서 조사하여 작성한 Curve number (CN)가 없으므로 SCS 방법을 적용하는 문제점을 해결하기 위하여 우리 유역에 적합한 CN 추정방법을 제시한다.

2. Curve number 의 배경과 문제점

2.1 배경

CN 방법은 미국 농업지대 소유역에서 장기간 현지조사와 강우-유출 관계를 연구하여 토지이용과 처리의 변화가 유출에 미치는 영향을 경험적으로 추정하기 위하여 SCS (1954)에서 개발하였다.

강우량과 직접유출량의 관계를 저류능개념을 도입하여 (실제저류능/잠재저류능) = (유출량/강우량) 이라는 상식적인 개념에서 개발되었다.

초기손실을 경험적으로 $I_a = 0.2\ S$ 로 취하면,

$$Q = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S), \quad S = 25{,}400 / CN - 254$$

여기서, Q : 직접유출량 (mm), P : 누가강우량 (mm), S : 최대저류능 (mm)

CN_2 과 CN_1, CN_3 와의 관계를 다음과 같다.

$$CN_2 = 2.3\ CN_1 / (1 + 0.013\ CN_1), \quad CN_3 = 2.3\ CN_1 / (0.43 + 0.0187\ CN_1)$$

---

* 충남대학교 농공학과 ** 충남대학교 대학원

입력자료가 간단하고 가정이 단순하며, 유역특성을 CN 로 나타내어 쉽게 적용할 수 있고, 적용사례가 많아 토지이용과 처리 변화가 유출에 미치는 영향을 잘 평가하는 것으로 알려져 미국 연방, 주 정부 수문기술자가 가장 많이 사용한다. HEC-1, CREAMS, EPIC 등의 유출모형에서 직접유출의 추정에 사용되며, 우리나라에서도 IHP 시험유역에서 설계홍수량과 장기유출량 추정을 위한 유효우량의 분리에 사용되었다.

2. 문제점

CN 는 지속시간 1일이하, 유역크기 1mile^2 이하인 단일토양-피복조건인 유역에서 강우-유출자료로 부터 평균적으로 작성된 것으로 미국유역의 토지이용, 영농방법, 수문조건 및 토양분류에 따라 조사된 CN 를 우리 유역에 적용하는데는 많은 문제가 제기되고있다. 특히 우리 유역의 독특한 토지이용형태인 논의 토양별, 경사별, 생육기별 CN 를 조사하여야할 것이다.

또한, CN 는 ① 시간개념에 대한 정의와 침투와 유출에 영향이 큰 강우강도 불고려 ② 5일 선행강우에 따라 AMC Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ의 세 단계로 불연속처리로 인한 오차 ③ 5일 선행강우에 의한 유역건습 판단의 객관성 결여 ④ 대상유역에서 모든 호우에 단일 CN 적용 등 유역의 수문반응을 해석하는 절차상 CN 자체의 불합리성이 지적되어 개선방법이 연구되고있다.

CREAMS에서는 토양층을 여러 개의 저류능으로 나누어 AMC Ⅰ의 저류능을 최대값으로 토양층의 수분변화를 연속적으로 나타내고 있다.

$$S = S_{max}\left[1.0 - \sum_{1}^{N} W_i\left(\frac{SM_i}{UL_i}\right)\right], \quad S_{max} = 1{,}000 / CN_I - 10$$

여기서, S : 유효저류능, S_{max} : 최대저류능, N : 토양층 수, W_i : 가중인자
SM_i : i 층의 토양수분량, UL_i : i 층의 최대저류높이

3. 우리 유역에 적합한 CN 추정

3.1 유출관측자료가 있는 유역

유출자료가 있는 지점에서는 DAWAST모형의 불포화층 깊이인 Umax 를 매개변수의 최적화기법으로 보정하고, 이 Umax로 부터 유역이 가장 건조한 상태인 CN_1 으로 정의한다.

$$CN_1 = 25{,}400 / (Umax + 254)$$

표 1 에서 都尺지점의 Umax 는 380mm 로 CN_1 은 40 이 되고, 이에 해당되는 CN_2, CN_3 는 각각 60, 78 이 된다.

표 1 대표수문지점의 Umax 로 구한 CN

수문지점	유역면적 ㎢	보정기간	Umax ㎜	CN			비고
				CN_1	CN_2	CN_3	
都尺	5.9	'87~87	380	40	60	78	
佳莊	149.4	'74~76	330	43	63	81	
寶城	275.0	'76~78	360	41	61	78	
箕大	346.5	'85~86	260	49	69	84	
槐山	671.0	'76~78	320	44	64	81	
龍潭	937.0	'70~72	300	46	66	82	
羅州	2,060.0	'70~72	310	45	65	82	
公州	7,126.0	'74~76	320	44	64	81	

3.2 유출관측자료가 없는 유역

DAWAST모형에서 분석한 57개 수문지점에서 매개변수 Umax 와 지형, 토양, 토지이용, 수문지질인자 등 14개의 유역특성인자로 Stepwise 회귀분석하여 매개변수 예측방정식을 구하였다. 유역의 CN 는 강우-유출을 관측하여 DAWAST모형으로 Umax 를 최적화하여 구하는 것이 바람직하며 유출자료가 없는 유역에는 유역특성에 의한 Umax 로 구할 수 있다.

3.3 적용 예

3.3.1 유출관측자료가 있는 유역의 Umax 에 의한 CN : 유역면적 275km^2 인 寶城유역의 1976~78년의 유출관측자료로 분석한 Umax 는 360mm 이므로 CN_1, CN_2, CN_3 는 각각 41, 61, 78 이다.

표 2 매개변수 Umax 의 예측방정식

변수	예측방정식	유역규모
Umax	$289.9 + 0.3154\ X_1 - 1.4036\ X_3 + 1.4545\ X_{11} - 0.6739\ X_{13}$	小유역
	$380.5 - 5.1977\ X_{10} - 1.6019\ X_{13} + 0.2993\ X_{14}$	中유역
	$324.0 - 0.0612\ X_3 + 0.9581\ X_6 - 2.8831\ X_9 + 0.3866\ X_{12}$	大유역

3.3.2 유출관측자료가 없는 유역의 Umax 에 의한 CN : DAWAST 의 최적화모형으로 Umax 를 찾는 것이 바람직하지만 방동저수지에서의 유출자료가 없으므로 일반화모형에 의한 Umax = 270 mm, CN_2 = 68.4 이다.

$$Umax = 289.9 + 0.3154\ X_1 - 1.4036\ X_3 + 1.4545\ X_{11} - 0.6739 X_{13}$$

$$= 289.9 + 0.3154 \times 13.6 - 1.4036 \times 18.1 + 1.4545 \times 70.9 = 270 (mm)$$

$$CN_1 = 25,400/(Umax + 254) = 48.5\ ,\ CN_2 = 2.3\,CN_1 / (1 + 0.013\,CN_1) = 68.4$$

3.3.3 관행의 SCS 방법에 의한 CN : 관행 SCS 방법을 방동수문관측지점에 적용한바 CN_2 = 69.7 이다.

3.3.4 두 방법간의 비교 : 방동유역의 Umax에 의한 CN_2와 관행의 SCS방법에 의한 CN_2는 각각 68.4, 69.7 로 비슷한 값을 보였다.

표 3 방동 수문관측지점의 토지이용별 토양-피복형 CN_2

토양군 토지이용	A 형		B 형		C 형		D 형		면 적 (ha)	CN_2
	면적	CN_2	면적	CN_2	면적	CN_2	면적	CN_2		
논	1.9	62	44.2	71	16.9	78	0.0	81	62.9	74.8
밭	1.3	59	49.2	70	6.3	78	0.0	81	56.7	70.7
농가	0.6	59	13.9	74	0.6	82	0.0	86	15.2	73.2
산지	0.0	25	38.3	55	322.5	70	7.5	77	368.3	68.6
합계	3.8		145.6		346.3		7.5		503.2	69.7

4. 새로운 합리식의 유출계수 C

소유역 배수에 널리 적용되고있는 합리식의 유출계수 C 에 대한 우리 유역에서 조사된 자료가 없어 우리 유역특성을 고려하여 Umax 방법에 의한 CN 로 부터 유출계수를 구하는 방법을 제시하고자 한다.

4.1 합리식

4.1.1 적용범위 : 소유역의 피크홍수량을 추정하는 합리식의 적용 실적의 범위는 0.65~12.5km^2 이지만, 현재는 도시지역은 1ha이상 1.3~2.5km^2 이하를, 농경지유역에서는 10km^2 까지 하는 것이 일반적이다.

4.1.2 유출계수 : 유출계수 C값은 중요하지만 우리 유역에서 조사된 값은 없으며, 건설부에서 유역상태별로 유출계수를 제시하고 있다.

4.1.3 홍수도달시간 : 강우강도 i 는 홍수도달시간을 지속시간으로하는 강우강도이며 홍수도달시간은 流入시간과 流下시간의 合이다.

4.1.4 피크홍수량 : 강우지속시간을 도달시간과 같다고 가정하므로, 대상지점에서의 홍수호름의 형태는 이등변 삼각형이다.

4.2 CN 과 합리식의 유출계수 C 와의 관계

이 연구에서는 SCS 의 무차원 단위도법의 피크홍수량 추정방법과 도달시간을 지속시간으로 하는 합리식과의 관계를 다음과 같이 구하였다.

$$1 / 3.6\ C\,i\,A = 12.50 \times A \times P_e / t_p$$

$$C = \frac{1}{P} \times \left(\frac{P - 0.2 \times (25,400 / CN_3 - 254)^2}{P + 0.8 \times (25,400 / CN_3 - 254)} \right)$$

예를들면, 농업 소유역인 방동유역의 Umax가 270mm이므로 CN_3 = 83 이고, 홍수도달시간이 1시간이면, 강우강도 10년빈도 60mm/hr 일 때와 20년빈도 80mm/hr 일 때의 유출계수 C 는 각각 0.40, 0.50 이 된다.

5. 설계홍수량 모형

5.1 설계홍수량 모형의 구조

5.2 설계홍수량 모형 적용例

배분된 설계강우량에 Umax 예측방정식으로 CN_1 를 구하고 CN_3 로 바꾸어 유효우량을 추정하고 단위도를 적용하여 설계홍수량을 추정하는 설계홍수량 모형을 개발하여 방동저수지에 적용 결과는 그림 2 와 같다.

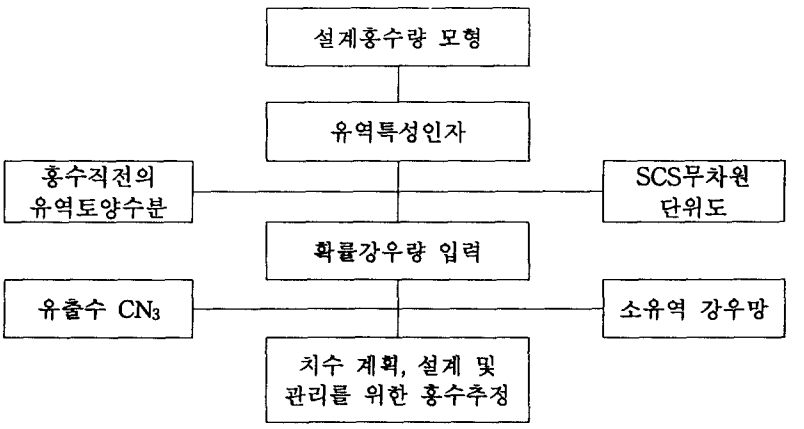

그림 1 설계홍수량 모형의 구조

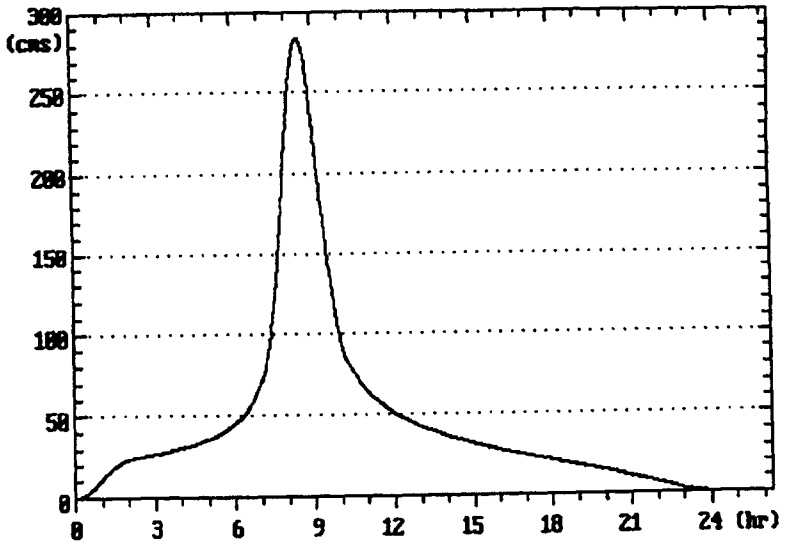

그림 2 설계홍수량의 적용예

6. 결론

1. DAWAST모형의 불포화토양층 Umax 를 매개변수 최적화기법으로 보정하고, 이를 유역이 가장 건조한 상태인 CN_1 로 정의하여 우리 농업 소유역에 적용 가능할 것이다.

2. CN_3 와 합리식 유출계수 C 와의 관계를 찾아 우리 농업 소유역에 적합한 유출계수 C 를 추정하는 방법을 제안하였다.

참고문헌

1. 농림수산부(1990~93), 농업수자원종합관리시스템개발(Ⅰ~Ⅳ), 충남대학교 농업과학연구소

2. 농림수산부(1994), 저수지 치수관리에 관한 연구, 충남대학교 농업과학연구소