

# 비홍수량 산정 방법의 개발(II)

## Development of an Estimation Method for Specific Flood(II)

정종호\*, 박정훈\*\*, 윤용남\*\*\*

Jong Ho Jeong, Cheong Hoon Park, Yong Nam Yoon

### 요 지

유역특성을 충분히 고려한 비홍수량 산정 공식을 유도하여 개략적인 홍수량 산정 및 홍수량 범위 예측 등을 가능하게 하는 것의 실무적 필요성이 대두되고 있다. 이에 따라 홍수량 산정의 주요 입력인자 조건을 설정하고 이들 조합에 의한 홍수량 산정 결과를 회귀분석함으로써 유역특성을 충분히 고려하고 일종의 지역빈도해석 개념의 비홍수량 산정 공식을 제시하고자 한다.

**핵심용어 : 비홍수량, 회귀식, 기준조합, 조정계수**

### 1. 비홍수량 산정 방법의 필요성

초기 검토 단계에서 개략적인 홍수량의 범위를 추정하는 대표적인 방안의 하나로 비홍수량 산정 공식을 들 수 있으나 기존 비홍수량 산정 공식은 유역면적 하나만으로 회귀분석한 경우가 대부분이어서 신뢰도가 낮으므로 실무에서 거의 활용되지 못하고 있다.

이에 따라 유역특성을 고려한 개략적인 홍수량 산정 및 정확한 홍수량 산정 초기단계에서 홍수량 범위 예측 등을 가능하게 하는 신규 비홍수량 산정 공식의 필요성이 대두된다.

### 2. 기존 비홍수량 산정 방법

김남원 등(2004)은 지표홍수법에 의해 지역홍수빈도해석을 실시하여 평균홍수량 개념의 비홍수량 공식을 대권역별로 개발하였으며, 재현기간별로 비홍수량을 산정할 수 있는 환산계수를 제시하였다. 그리고 윤용남 등(2005)은 한강유역의 침투홍수량 자료를 수집하여 연최대치계열을 작성하고 Gumbel 분포, PWM 방법을 채택한 다음 지표홍수빈도곡선 개발을 통하여 평년빈도(2.33년)의 비홍수량 공식과 재현기간별로 홍수량을 산정할 수 있는 환산계수를 제시한 바 있다.

이와 같은 비홍수량 공식은 유역특성을 고려하는 홍수량 산정이 유역면적과 유로경사 등 두 가지 항목으로 표시될 수 있을 정도로 간단하지 않기 때문에 적용성에 한계를 가질 수 밖에 없다고 판단된다. 이러한 문제점을 개선하기위하여 정종호 등(2005)은 홍수량 산정의 주요 입력인자를 매개변수로 하는 비홍수량 공식을 제시한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 정종호 등(2005)의 연구에 이어 유역형상의 채택 및 소유역 매개변수 보정, 비홍수량 기준조합공식 등을 보완하여 비홍수량 산정 공식을 제시하였다.

### 3. 기본 방법 채택 및 주요 입력인자 조건 설정

#### 3.1. 기본 방법 채택

비홍수량 산정 기준 정립에는 전국평균 개념의 방법을 제시하는 방안을 채택하였으므로 대상 유역형상은 가상 유역형상을 적용하였으며, 구체적인 유역형상은 유역면적에 따라 형상계수가 변화되는 기본 타원형을 유역형상으로 채택하였다. 홍수량 산정 방법은 Clark 단위도법을 채택하였으며, 저류상수 산정 방법은 기존 Sabol 공식의 문제점 및 소유역의 적용상의 문제점을 개선한 다음과 같은 형태의 수정 Sabol 공식을 채택하였다.

\* 정회원·(주)하존이앤씨 대표 E-mail: jhwater@hotmail.com  
\*\* 정회원·(주)하존이앤씨 수자원부 대리 E-mail: ruciel4@hotmail.com  
\*\*\* 정회원·고려대학교 사회환경시스템공학과 교수 E-mail: ynyoon@korea.ac.kr

$$K = \frac{T_c + t_s}{\frac{97.28}{SF^{-2.88} + 128.19} + 0.59}, \quad t_s = \frac{t_u}{60} \left(1 - \frac{A}{25}\right)$$

여기서 K는 수정 Sabol 공식의 저류상수(hr),  $T_c$ 는 도달시간(hr),  $t_s$ 는 소유역 매개변수 보정계수(hr), SF는 형상 계수(A/L<sup>2</sup>),  $t_s$ 는 소유역 매개변수 보정계수(hr),  $t_u$ 는 소유역 매개변수 보정계수의 상한계로 10~15(min) 범위, A는 유역면적(km<sup>2</sup>)이며 소유역 매개변수 보정계수의 면적적용 범위는 25km<sup>2</sup>까지이다.

### 3.2. 주요 입력인자 조건 설정

홍수량 산정시의 주요 입력인자로는 유역면적, 강우량, 강우분포, 유효우량, 도달시간, 형상계수 및 기타 인자 등이 있으며, 구체적인 주요 입력인자의 조건은 <표 3-1>과 같이 설정하였다. 이와 같은 조합의 총수는 105,840번이며 여기에 임계지속시간을 고려하기 위하여 강우지속시간을 10~2880분까지 10분 간격으로 적용하여 홍수량을 산정하므로 홍수량 산정 회수는 약 3,000만 번 정도가 된다.

<표 3-1> 주요 입력인자 조건 설정

입력인자	조건 설정	비 고
유역면적	0.05~3,000km <sup>2</sup> 범위의 주요 유역면적(18개)	
강 우 량	주요 지속기간별 50년빈도 확률강우량	전국평균 적용
강우분포	Huff 방법의 1, 2, 3, 4분위(4개)	전국평균 적용
유효우량	SCS 방법의 CN 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95(7개)	
도달시간	평균유속 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0m/s 등으로 산정(5개)	평균유속 적용
형상계수	기본 타원형 및 고정 형상계수 0.5, 0.3, 0.2, 0.1, 0.08(6개)	타원형 가정
기 타	소유역 매개변수 보정계수 상한계를 0, 5, 10, 15, 20분 등으로 설정하고, 고정 유입시간 10분 및 20분 추가(7개)	

## 4. 비홍수량 산정 공식의 유도

비홍수량 산정 공식을 유도하기 위해서는 먼저 주요 입력인자의 많은 조합을 설정하고, 이와 같은 조합에 대하여 강우지속시간을 10~2880분까지 10분 간격으로 적용하여 침투홍수량이 최대가 되는 임계지속시간의 홍수량을 면적우량환산계수까지 고려하여 산정하여야 한다.

이에 따라 주요 입력인자별로 가장 일반적인 조건을 선정하여 이를 기준 조합으로 채택하고, 이와 같은 기준 조합에 대한 비홍수량 산정 공식을 회귀식의 형태로 유도한 다음, 주요 입력인자의 변화에 따른 영향은 주요 입력인자별로 별도로 고려하여 조정하는 방법을 채택하기로 하였다.

### 4.1. 기준 조합의 비홍수량 산정 공식 유도

주요 입력인자별로 가장 일반적인 조건으로 유역형상은 기본 타원형, 강우량은 50년빈도 전국평균 확률강우량, 강우분포는 Huff 방법의 전국평균 3분위, CN은 80, 평균유속은 3.0 m/s, 소유역 매개변수 보정계수의 상한계는 10분 등의 조건을 기준 조합으로 채택하였다.

이와 같은 기준 조합과 Clark 단위도법 및 수정 Sabol 공식을 이용한 비홍수량 회귀식은 전체 유역면적에 대하여 하나의 회귀식으로 유도가 곤란하여 다음 식과 같이 유역면적 50 km<sup>2</sup>를 기준으로 구분하여 두 개의 회귀식으로 유도하였다.

$$q = a \cdot \ln(A) + b \quad (A \leq 50 \text{ km}^2)$$

$$q = c \cdot \ln(A) + d \quad (A > 50 \text{ km}^2)$$

여기서 q는 비홍수량(m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>), A는 유역면적(km<sup>2</sup>), a, b, c, d는 회귀식의 매개변수로서 a=-1.9662, b=16.1655, c=-1.4390, d=13.7354이다.

#### 4.2. 입력인자 조건 변화를 고려한 비홍수량 산정 공식의 조정

입력인자 조건 변화를 고려한 비홍수량 산정 공식의 조정에는 기존 조합의 비홍수량 산정 공식을 다음 식과 같이 변형하여 조정계수를 적용하는 방안을 채택하였으며, 조정계수의 적용 순서는 무순이지만 가급적 영향이 큰 순서로 적용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

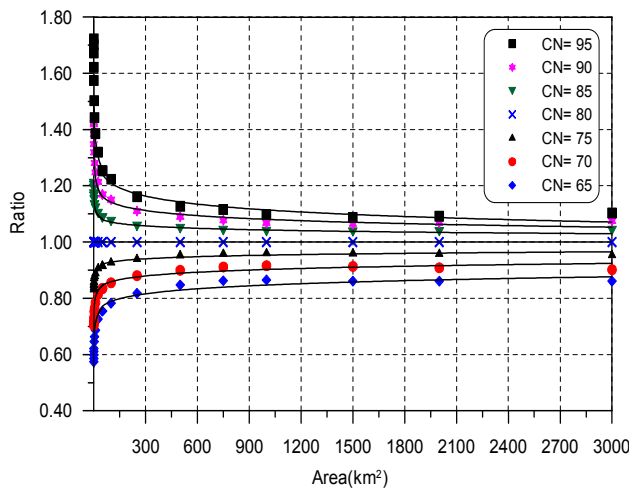
$$q = [a \cdot \ln(A) + b] \cdot F_{CN} \cdot F_{TC} \cdot F_{SF} \cdot F_{RA} \cdot F_{HF} \cdot F_{SB}, \quad (A \leq 50 \text{ km}^2)$$

$$q = [c \cdot \ln(A) + d] \cdot F_{CN} \cdot F_{TC} \cdot F_{SF} \cdot F_{RA} \cdot F_{HF} \cdot F_{SB}, \quad (A > 50 \text{ km}^2)$$

여기서  $q$ 는 비홍수량( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ),  $A$ 는 유역면적( $\text{km}^2$ ),  $a, b, c, d$ 는 기존 조합의 비홍수량 회귀식의 매개변수로서  $a = -1.9662, b = 16.1655, c = -1.4390, d = 13.7354$ 이며,  $F_{CN}$ 은 CN 변화에 대한 조정계수,  $F_{TC}$ 는 도달시간(평균유속) 변화에 대한 조정계수,  $F_{SF}$ 는 유역형상 변화에 대한 조정계수,  $F_{RA}$ 는 강우량 변화에 대한 조정계수,  $F_{HF}$ 는 Huff 방법의 분위 변화에 대한 조정계수,  $F_{SB}$ 는 소유역 매개변수 보정계수 상한계의 변화에 대한 조정계수이다.

##### 4.2.1. CN 변화에 대한 조정계수 ( $F_{CN}$ )

기존 조합의 CN 80에서 CN을 65, 70, 75, 85, 90, 95 등으로 변화시켜 비홍수량을 산정한 다음, CN 80과 CN별 비홍수량의 비율을 나타내면 <그림 4-1>과 같다.



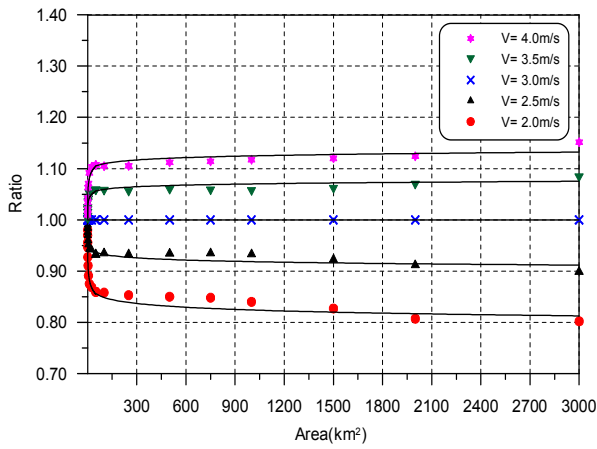
<그림 4-1> CN에 따른 비홍수량의 비율 변화

동 그림을 살펴보면 전반적으로 CN에 따른 비홍수량의 비율 변화가 크며, 유역면적이 작을수록 비율의 변화가 크며 유역면적이 클수록 비율의 변화가 작아지는 양상을 보이며 또한, CN 80을 기준으로 CN의 증가에 대한 비홍수량의 비율의 증가 비율과 CN의 감소에 대한 비홍수량의 감소 비율이 거의 비슷한 양상을 나타내고 있다. 유역면적  $1 \text{ km}^2$ 에서 약 62~157%,  $3,000 \text{ km}^2$ 에서는 약 84~110% 정도의 범위를 나타내고 있으므로, CN의 영향이 소유역에서는 매우 크며 유역면적이 커질수록 다소 감소되는 경향을 나타내고 있다. 이와 같은 CN별 비홍수량과 기존 조합과의 비율 변화를 유역면적을 기준으로 회귀분석한 결과는 <표 4-1>과 같고, 이를 이용하는 방법은 CN이 결정되면 제시된 CN중 인접한 CN에 의한 회귀식을 이용하여 산정한 결과를 선형보간하여 CN 변화에 대한 조정계수 ( $F_{CN}$ )를 산정한다.

<표 4-1> CN 변화에 대한 조정계수 회귀식

CN	회귀식		비고
	유역면적 $50 \text{ km}^2$ 이하	유역면적 $50 \text{ km}^2$ 초과	
65	$0.6381 \cdot A^{0.0472}$	$0.6831 \cdot A^{0.0311}$	
70	$0.7481 \cdot A^{0.0312}$	$0.7777 \cdot A^{0.0215}$	
75	$0.8624 \cdot A^{0.0138}$	$0.8817 \cdot A^{0.0113}$	
80	1.00	1.00	기준
85	$1.1581 \cdot A^{-0.0174}$	$1.1295 \cdot A^{-0.0116}$	
90	$1.3328 \cdot A^{-0.0353}$	$1.2736 \cdot A^{-0.0238}$	
95	$1.5368 \cdot A^{-0.0510}$	$1.4278 \cdot A^{-0.0359}$	

4.2.2. 도달시간(평균유속) 변화에 대한 조정계수(  $F_{TC}$  )



<그림 4-2>  
도달시간(평균유속)에 따른 비홍수량의 비율 변화

도달시간의 변화의 고려는 평균유속을 변화시켜 비홍수량을 산정하는 방법을 채택하였으며, 기준 조합의 평균유속 3.0 m/s에서 평균유속을 2.0, 2.5, 3.5, 4.0 m/s 등으로 변화시켜 비홍수량을 산정한 다음, 평균유속 3.0 m/s와 평균유속별 비홍수량의 비율을 나타내면 <그림 4-2>와 같다.

동 그림을 살펴보면 유역면적이 아주 작을 경우에는 영향이 미미하다가 서서히 증가하여 25 km²에서는 약 86~110 % 정도의 범위를 나타내고 있다.

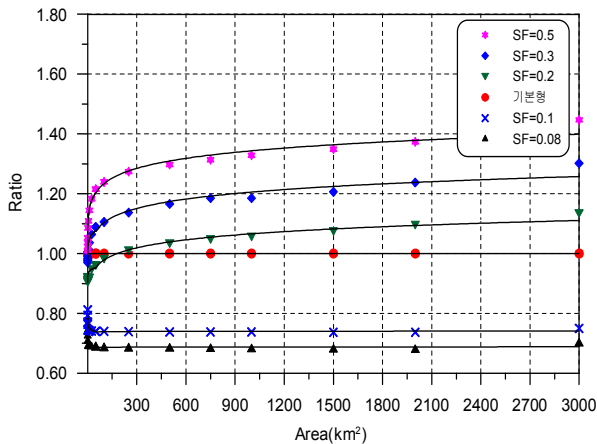
이와 같은 평균유속별 비홍수량과 기준 조합과의 비율 변화를 유역면적을 기준으로 회귀분석한 결과는 <표 4-2>와 같고, 이를 이용하는 방법은 평균유속이 결정되면 제시된 평균유속중 인접한 평균유속에 의한 회귀식을 이용하여 산정한 결과를 선형보간하여 유하시간(평균유속) 변화에 대한 조정계수(  $F_{TC}$  )를 산정한다.

<표 4-2> 도달시간(평균유속) 변화에 대한 조정계수 회귀식

평균유속 (m/s)	회 귀 식		비 고
	유역면적 50 km² 이하	유역면적 50 km² 초과	
2.0	$0.9260 \cdot A^{-0.0204}$	$0.8998 \cdot A^{-0.0127}$	
2.5	$0.9672 \cdot A^{-0.0089}$	$0.9616 \cdot A^{-0.0066}$	
3.0	1.00	1.00	기 준
3.5	$1.0242 \cdot A^{0.0077}$	$1.0388 \cdot A^{0.0043}$	
4.0	$1.0464 \cdot A^{0.0139}$	$1.0797 \cdot A^{0.0059}$	

4.2.3. 유역형상 변화에 대한 조정계수(  $F_{SF}$  )

기준 조합에서 유역형상은 유역면적에 따라 형상계수가 변화되는 타원형을 기본 타원형으로 설정하였다. 하지만 이와 같은 전국평균 개념의 형상계수와 다른 형상계수를 가지는 실제유역에는 형상계수에 대한 조정이 필요하게 된다.



<그림 4-3> 유역형상에 따른 비홍수량의 비율 변화

이에 따라 형상계수 0.5, 0.3, 0.2, 0.1, 0.08 등 고정 형상계수를 가지는 5개 형상의 타원형에 대한 비홍수량을 산정한 다음, 기본 타원형과 형상계수별 홍수량의 비율을 나타내면 <그림 4-3>과 같다.

동 그림을 살펴보면 전반적으로 형상계수가 0.2보다 작은 경우에는 비홍수량의 비율이 감소하는 경향을 나타내고 있으며 형상계수가 0.2보다 큰 경우에는 비홍수량의 비율이 커지는 경향을 나타내고 있다.

이러한 경향은 유역면적이 작은 경우에서 급격히 변화하다가 점차 완만하게 변화되는 양상을 보이며, 형상계수에 따른 변화의 범위가 약 0.7~1.4배까지 매우 크게 나타나고 있다.

이와 같은 유역형상별 비홍수량의 비율 변화를 유역면적을 기준으로 회귀분석한 결과는 <표 4-3>과 같다. 이를 이용하는 방법은 유역의 형상 및 형상계수가 결정되면 제시된 유역형상중 인접한 형상에 의한 회귀식을 이용하여 산정한 결과를 선형보간하여 유역형상 변화에 대한 조정계수( $F_{SF}$ )를 산정한다.

**<표 4-3> 유역형상 변화에 대한 조정계수 회귀식**

형상계수	회 귀 식		비 고
	유역면적 50 km <sup>2</sup> 이하	유역면적 50 km <sup>2</sup> 초과	
0.5	$1.0726 \cdot A^{0.0293}$	$1.0404 \cdot A^{0.0370}$	
0.3	$1.0052 \cdot A^{0.0175}$	$0.9242 \cdot A^{0.0384}$	
0.2	$0.9239 \cdot A^{0.0078}$	$0.8239 \cdot A^{0.0373}$	
기본형	1	1	기 준
0.1	$0.7690 \cdot A^{-0.0103}$	$0.7360 \cdot A^{0.0008}$	
0.08	$0.7225 \cdot A^{-0.0189}$	$0.6846 \cdot A^{0.0007}$	

4.2.4. 강우량 변화에 대한 조정계수( $F_{RA}$ )

가. 유역특성을 고려한 임계지속기간의 결정

강우량 변화에 대한 조정계수 산정에는 먼저 침투홍수량이 최대가 되는 강우지속기간인 임계지속기간의 결정이 필요하다. 이를 위하여 기본 유역평균경사(평균유속 3.0 m/s인 경우)이고 기본 타원형인 경우의 유역면적-임계지속기간 관계를 결정하고 여기에 유역평균경사 및 유역형상을 추가로 고려하는 방법을 채택하였다.

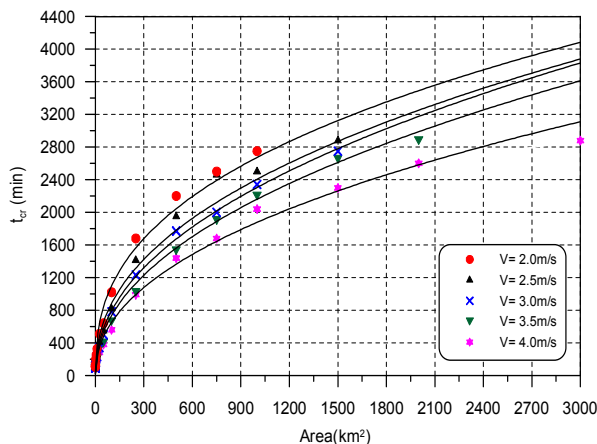
이와 같은 방법으로 임계지속기간을 산출하는 공식은 다음 식과 같은 형태로 정리된다.

$$t_{cr} = 94.43 \cdot A^{0.4625} \times C_V \times C_S$$

여기서  $t_{cr}$ 은 임계지속기간(min),  $A$ 는 유역면적(km<sup>2</sup>),  $C_V$ 는 평균유속 변화에 대한 임계지속기간 조정계수,  $C_S$ 는 유역형상 변화에 대한 임계지속기간 조정계수이다.

평균유속 변화에 대한 임계지속기간 조정계수( $C_V$ )는 기본 평균유속으로 가정한 3.0 m/s의 임계지속기간과 실제 유역 평균유속의 임계지속기간 비로 정의되며 다음과 같은 과정을 통하여 결정된 결과를 이용하여 산정한다.

기본 타원형에 대한 유역평균경사별(평균유속별) 유역면적-임계지속기간의 관계를 분석한 결과는 <그림 4-4>와 같고, 이를 회귀분석한 결과는 <표 4-4>와 같다.



**<그림 4-4> 평균유속별 유역면적-임계지속기간 관계**

동 표에서 유역면적 100 km<sup>2</sup>의 경우를 살펴보면 평균유속에 따라 최대 55% 정도 차이를 나타내고 있으나 일반적인 홍수시의 평균유속인 2.5~3.5 m/s에서는 약 35% 정도 차이를 나타내고 있다.

이와 같은 <표 4-4>의 평균유속별 유역면적-임계지속기간 관계회귀식을 토대로 기본 평균유속으로 가정한 3.0 m/s의 임계지속기간과 실제 유역 평균유속의 임계지속기간 비로 평균유속 변화에 대한 임계지속기간 조정계수( $C_V$ )를 산정한 결과는 <표 4-5>와 같다.

**<표 4-4> 평균유속별 유역면적-임계지속기간 관계 회귀식**

평균유속 (m/s)	회귀식	비고
2.0	$t_{cr} = 185.6548 \cdot A^{0.3860}$	
2.5	$t_{cr} = 119.1118 \cdot A^{0.4351}$	
3.0	$t_{cr} = 94.4310 \cdot A^{0.4625}$	기본 평균유속
3.5	$t_{cr} = 85.2059 \cdot A^{0.4680}$	
4.0	$t_{cr} = 78.4377 \cdot A^{0.4597}$	

주) 여기서  $t_{cr}$ 은 임계지속기간(분), A는 유역면적(km<sup>2</sup>)이다.

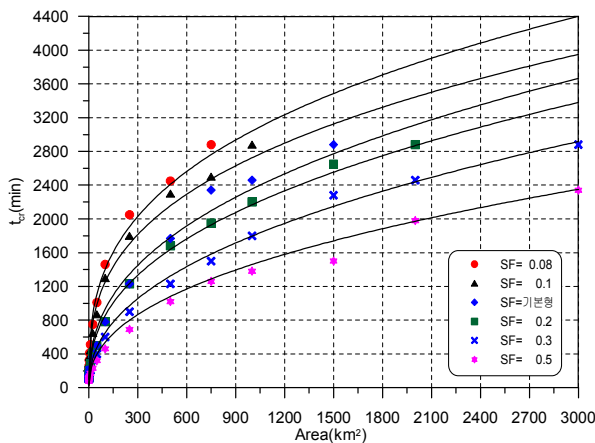
이를 이용하는 방법은 실제유역의 평균유속이 결정되면 제시된 평균유속중 인접한 평균유속에 대한 회귀식을 이용하여 산정한 결과를 선형보간하여 평균유속 변화에 대한 임계지속기간 조정계수( $C_v$ )를 산정한다.

**<표 4-5> 실제유역의 평균유속 변화에 대한 임계지속기간 조정계수( $C_v$ ) 회귀식**

평균유속 (m/s)	회귀식	비고
2.0	$1.9660 \cdot A^{-0.0765}$	
2.5	$1.2614 \cdot A^{-0.0274}$	
3.0	1.00	기준
3.5	$0.9023 \cdot A^{0.0055}$	
4.0	$0.8306 \cdot A^{-0.0028}$	

유역형상 변화에 대한 임계지속기간 조정계수( $C_s$ )는 기본 타원형의 임계지속기간과 실제 유역 평균유속의 임계지속기간 비로 정의되며 다음과 같은 과정을 통하여 결정된 결과를 이용하여 산정한다.

기본 유역평균경사(평균유속 3.0 m/s인 경우)에 대한 유역형상별 유역면적-임계지속기간의 관계를 분석한 결과는 <그림 4-5>와 같고, 이를 회귀분석한 결과는 <표 4-6>과 같다.



**<그림 4-5> 유역형상별 유역면적-임계지속기간 관계**

동표에서 유역면적 100 km<sup>2</sup>의 경우를 살펴보면 유역형상에 따라 최대 320% 정도 차이를 나타내고 있으나 일반적인 유역형상인 형상계수 0.1~0.3의 구간에서는 약 75% 정도 차이를 나타내고 있다.

이와 같은 <표 4-6>의 유역형상별 유역면적-임계지속기간 관계회귀식을 토대로 기본 타원형의 임계지속기간과 실제 유역의 임계지속기간 비로 유역형상 변화에 대한 임계지속기간 조정계수( $C_s$ )를 산정한 결과는 <표 4-7>과 같다.

이를 이용하는 방법은 실제유역의 유역형상이 결정되면 제시된 형상계수중 인접한 유역형상에 대한 회귀식을 이용하여 산정한 결과를 선형보간하여 유역형상 변화에 대한 임계지속기간 조정계수( $C_s$ )를 산정한다

<표 4-6> 유역형상별 유역면적-임계지속기간 관계 회귀식

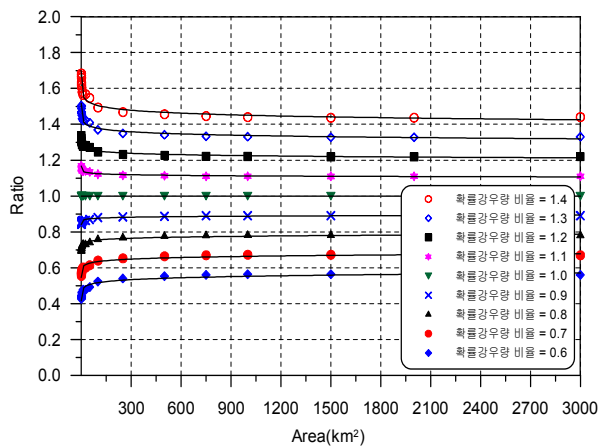
형상계수	회귀식	비고
0.08	$t_{cr} = 297.9043 \cdot A^{0.3364}$	
0.1	$t_{cr} = 263.6173 \cdot A^{0.3381}$	
기본형	$t_{cr} = 145.3832 \cdot A^{0.4031}$	기준
0.2	$t_{cr} = 132.6181 \cdot A^{0.4044}$	
0.3	$t_{cr} = 85.2005 \cdot A^{0.4413}$	
0.5	$t_{cr} = 72.8608 \cdot A^{0.4339}$	

<표 4-7> 실제유역의 유역형상 변화에 대한 임계지속기간 조정계수( $C_s$ ) 회귀식

형상계수	회귀식	비고
0.08	$2.0491 \cdot A^{-0.0667}$	
0.1	$1.8133 \cdot A^{-0.0650}$	
기본형	1.00	기준
0.2	$0.9122 \cdot A^{0.0013}$	
0.3	$0.5860 \cdot A^{0.0382}$	
0.5	$0.5012 \cdot A^{0.0308}$	

나. 강우량 변화에 대한 조정비율 결정

임계지속기간으로 결정된 강우지속기간에 대한 주요 관측소 확률강우량의 전국평균과의 비율(50년빈도) 및 확률강우량의 재현기간별 비율 등을 고려하여 강우량의 변화를 반영하게 된다.



<그림 4-6> 확률강우량의 비율과 비홍수량의 비율 관계

하지만, 확률강우량의 비율과 비홍수량의 비율이 완전한 선형관계는 아니므로 이를 관계를 파악하기 위하여 50년 빈도 전국평균 확률강우량에 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 등을 곱하여 비홍수량을 산정한 다음 확률강우량의 비율 1.0에 대한 비홍수량과의 비율을 나타내면 <그림 4-6>과 같다.

동 그림을 살펴보면 유역면적이 작은 경우에는 확률강우량의 비율에 대한 비홍수량의 비율 변화가 크며 100 km² 이상부터는 확률강우량의 비율과 비홍수량의 비율이 거의 완전한 선형관계에 가깝게 나타나고 있다.

이와 같은 전국평균 확률강우량에 대한 비율과 기준조합의 비홍수량 변화비율을 유역면적을 기준으로 회귀분석한 결과는 <표 4-8>과 같다.

이를 이용하는 방법은 50년빈도 전국평균 확률강우량에 대한 채택된 관측소 확률강우량의 비율이 결정되면 제시된 확률강우량의 비율 중 인접한 비율에 의한 회귀식을 이용하여 산정한 결과를 선형보간하여 강우량 변화에 대한 조정계수( $F_{RA}$ )를 산정한다.

<표 4-8> 확률강우량의 비율과 비홍수량 관계 회귀식

확률강우량비율	회귀식	비고
0.6	$0.4526 \cdot A^{0.0288}$	
0.7	$0.5797 \cdot A^{0.0196}$	
0.8	$0.7139 \cdot A^{0.0120}$	
0.9	$0.8544 \cdot A^{0.0056}$	
1.0	1.00	기준
1.1	$1.1495 \cdot A^{-0.0048}$	
1.2	$1.3032 \cdot A^{-0.0090}$	
1.3	$1.4599 \cdot A^{-0.0127}$	
1.4	$1.6187 \cdot A^{-0.0159}$	

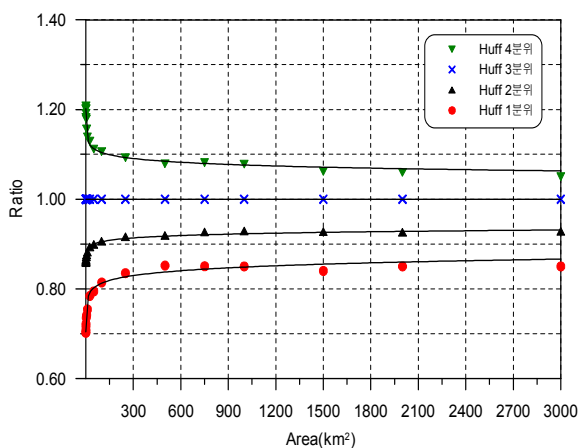
4.2.5. Huff 방법의 분위 변화에 대한 조정계수( $F_{HF}$ )

기준 조합의 Huff 방법의 3분위에서 분위를 1분위, 2분위, 4분위 등으로 변화시켜 비홍수량을 산정한 다음, 3분위와 분위별 비홍수량의 비율을 나타내면 <그림 4-7>과 같다.

동 그림을 살펴보면 분위에 따른 비홍수량의 차이가 크게 나타나며 비홍수량의 크기는 전체 유역면적에 걸쳐 4분위, 3분위, 2분위, 1분위 순으로 나타나고 있다.

이와 같이 4분위의 비홍수량이 가장 큰 이유는 유효우량 산정시 SCS 방법을 적용할 경우 초기손실의 영향으로 1분위와 2분위는 3분위와 4분위보다 작게 산정될 수 밖에 없으며 또한, 주요 관측소 22개중에서 무차원누가곡선의 구간별 증분의 최대치가 2개 관측소를 제외하고는 3분위보다 4분위가 큰 것에 기인하는 것으로 판단된다.

비홍수량의 비율은 유역면적 1.0km<sup>2</sup>인 경우 1분위 64%, 2분위 75%, 4분위는 120% 정도로 나타나며, 3,000km<sup>2</sup>인 경우 약 85~105%로 나타나고 있다.



<그림 4-7> Huff 분위 변화에 따른 비홍수량의 비율 변화

이와 같은 Huff 방법의 분위별 비홍수량과 기준 조합과의 비율변화를 유역면적을 기준으로 회귀분석한 결과는 <표 4-9>와 같고, 이를 이용하는 방법은 적용하고자 하는 분위를 채택한 다음 제시된 회귀식으로 Huff 방법의 분위 변화에 대한 조정계수 ( $F_{HF}$ )를 산정한다.

이와 같이 Huff 방법의 분위 변화에 대한 조정계수는 6개의 조정계수중 비교적 영향이 큰 조정계수이며 또한, 다른 조정계수는 지형인자 등을 토대로 객관적으로 산정할 수 있지만 분위 변화에 따른 조정계수의 변화는 주관적인 요소가 많기 때문에 명확한 채택 기준이 필요하다.

기준 Huff 방법의 분석에서 제시하고 있는 분위 채택 방법을 살펴보면 주요 관측소의 최빈분위는 주로 2분위로 나타나고 있으나 이는 홍수량 산정을 고려하지 않고 단지 강우분석에 의한 결과일 뿐이다. 또한, 실제 홍수량을 산정하여 보면 3, 4분위에서 침투홍수량이 큰 경우가 대부분이므로 높은 계획빈도의 설계안전 측면을 고려한다면 3, 4분위에서 채택하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

따라서 일반적인 홍수량 산정에서는 3분위, 재해영향평가와 같은 소유역에서는 4분위를 채택하는 것이 합리적인 것으로 판단된다.



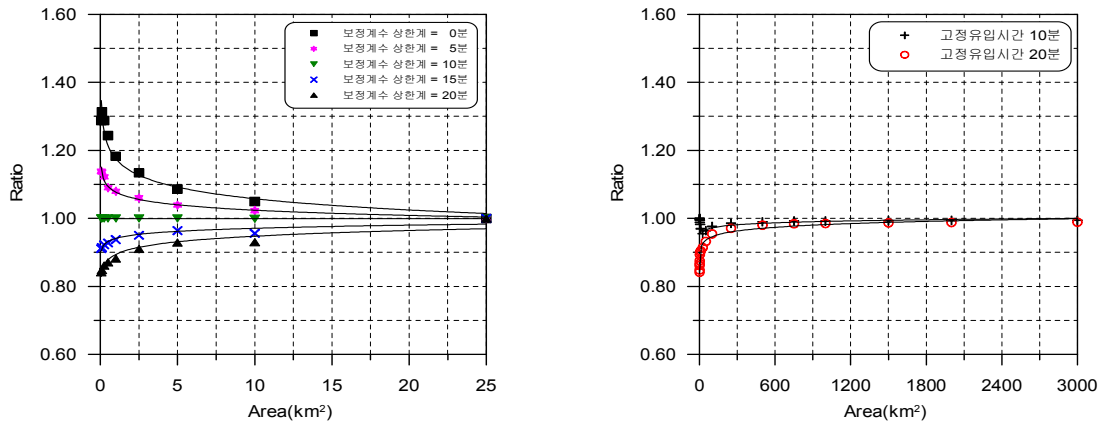
<표 4-9> Huff 방법의 분위 변화에 대한 조정계수 회귀식

분 위	회 귀 식	비 고
1분위	$0.7451 \cdot A^{0.0188}$	
2분위	$0.8711 \cdot A^{0.0084}$	
3분위	1.00	기 준
4분위	$1.1621 \cdot A^{-0.0111}$	

4.2.6. 소유역 매개변수 보정계수 상한계 변화에 대한 조정계수 ( $F_{SB}$ )

소유역 매개변수 보정계수 변화에 대한 조정계수는 면적 적용 한계가 25km<sup>2</sup>까지이므로 25km<sup>2</sup> 이상의 면적에서는 원칙적으로 고려하지 않아도 되는 조정계수이지만 기존 분석 등에서 전체 유역면적에 걸쳐 일정 유입시간을 고려한 경우와의 비교 등에서는 필요한 조정계수가 된다. 기존 조합의 소유역 매개변수 보정계수 상한계 10분에서 보정계수 상한계를 0, 5, 15, 20 등으로 변화시킨 경우와 고정 유입시간, 10분 및 20분을 적용하여 비홍수량을 산정한 다음, 보정계수 상한계 10분과 상한계별 비홍수량의 비율을 나타내면 <그림 4-8>과 같다.

동 그림을 살펴보면 유역면적이 작을 경우에는 비율 변화가 상당히 큰 양상을 보이며, 유역면적 1km<sup>2</sup>에서 보정계수 상한계 0분의 경우는 약 130%, 보정계수 상한계 20분의 경우는 80%로 산정되고 있으나 10km<sup>2</sup>에서는 약 5% 정도의 차이로 줄어들면서 25km<sup>2</sup> 이상에서는 동일한 경향을 나타내고 있다.



<그림 4-8> 소유역 보정계수 변화에 따른 비홍수량의 비율 변화

<표 4-10> 소유역 보정계수 변화에 대한 조정계수 회귀식

보정계수 상한계(분)	회 귀 식		비 고
	유역면적 25 km <sup>2</sup> 이하	유역면적 25 km <sup>2</sup> 초과	
0	$1.1750 \cdot A^{-0.0456}$	1.00	
5	$1.0772 \cdot A^{-0.0219}$	1.00	
10	1.00	1.00	기 준
15	$0.9412 \cdot A^{0.0135}$	1.00	
20	$0.8942 \cdot A^{0.0252}$	1.00	
고정유입시간 10분	$0.9875 \cdot A^{-0.0069}$	$0.0082 \cdot \ln(A) + 0.9345$	
고정유입시간 20분	$0.8790 \cdot A^{0.0160}$		

이와 같은 보정계수 상한계별 비홍수량과 기준 조합과의 비율 변화를 유역면적을 기준으로 회귀분석한 결과는 <표 4-10>과 같고, 이를 이용하는 방법은 보정계수 상한계가 결정되면 제시된 보정계수 상한계중 인접한 보정계수 상한계에 의한 회귀식을 이용하여 산정한 결과를 선형보간하여 보정계수 상한계 변화에 대한 조정계수( $F_{SB}$ )를 산정한다.

## 5. 결론

신규 비홍수량 산정 방법은 다음과 같은 직접적인 장점 및 부수적인 장점을 지니고 있다.

- 유역형상, 강우량의 지역별 분포 및 재현기간, Huff 방법의 분위, 유효우량, 도달시간(평균유속) 및 소유역의 보정계수 등을 모두 고려하고 있으므로 기존 비홍수량 산정 공식에 비하여 신뢰도가 매우 높다.
- 기준 조합의 비홍수량 회귀식에 CN 변화에 대한 조정계수( $F_{CN}$ ), 도달시간(평균유속) 변화에 대한 조정계수( $F_{TC}$ ), 유역형상 변화에 대한 조정계수( $F_{SF}$ ), 강우량 변화에 대한 조정계수( $F_{RA}$ ), Huff 방법의 분위 변화에 대한 조정계수( $F_{HF}$ ), 소유역 보정계수 변화에 대한 조정계수( $F_{SB}$ ) 등을 곱하여 해당 유역의 특성을 모두 고려하는 비홍수량을 산정할 수 있다.
- 또한, 유역평균경사 및 유역형상을 고려하는 유역면적-임계지속기간 결정 방법을 제시함으로써 간단하게 개략적인 임계지속기간을 추정할 수 있도록 하였다.
- 유역특성을 충분히 고려하고 지역빈도해석 개념의 비홍수량 산정 공식을 제시함으로써 실무에 적용 가능한 비홍수량 산정 공식으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.
- 다만, 아직까지 Huff 방법의 분위 선택이 주관적인 점과 Huff 방법이 강우분포를 대변하는데 부족함이 많은 부분은 향후 개선이 필요한 것으로 판단된다.
- 한편, 부수적 항목 검토에서 SCS 단위도법이 항상 Clark 단위도법보다 크게 산정되는 것을 SCS 단위도의 지체시간 산정 방법의 실무적 검토를 통하여 규명하고 이에 따라 무조건적인 SCS 단위도법과의 비교는 지양하여야 함을 제시하였다.
- 또한, 면적우량환산계수의 적용에 있어서 적용하는 구간과 적용하지 않는 구간의 경계부근에서 발생하는 불연속을 해결하기 위하여 면적우량환산계수를 적용하기 시작하는 25 km<sup>2</sup> 초과에서 50 km<sup>2</sup>까지는 면적우량환산계수의 감소비율을 완화하여 적용하는 방안을 제시하였다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부 (2000a). 지역적 설계 강우의 시간적 분포. 1999년도 수자원관리기법개발연구조사보고서.
2. 건설교통부 (2000b). 한국확률강우량도 작성. 1999년도 수자원관리기법개발연구조사보고서.
3. 정중호, 윤용남 (2002). 수자원설계실무. 구미서관.
4. 정중호, 박정훈, 윤용남 (2005). 비홍수량 산정 방법의 개발, 한국수자원학회 2004년도 학술발표회 논문집.