

## 무더기비세기에 의한 설계큰물량결정방법

김 영 봉

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《큰물피해를 막기 위한 대책을 철저히 세워야 하겠습니다.》(《김일성전집》 제46권 20페이지)

우리는 관측자료가 없는 중소하천에서 무더기비세기에 의한 설계큰물량결정방법을 연구하였다.

### 1. 문제 설정

흐름량관측자료가 없는 중소하천류역의 설계흐름량계산에는 흔히 경험식들이 리용되고있다.

널리 알려진 추리공식은 다음과 같다.

$$Q_{\max p} = 0.278(a - \mu)F = 0.278\left(\frac{S_p}{\tau^n} - \mu\right)F$$

$$\tau = 0.278 \frac{L}{mI^{\frac{1}{3}} Q_{\max}^{\frac{1}{4}}}$$

여기서  $Q_{\max p}$ 는 설계큰물마루흐름량,  $\tau$ 는 집류시간,  $F$ 는 류역면적,  $S_p$ 는 1h평균비세기(우력),  $I$ 는 강물길의 평균물매,  $L$ 은 하천길이,  $n$ 은 무더기비체감결수,  $m$ 은 집류파라메터,  $a$ 는 무더기비세기,  $\mu$ 는 손실파라메터이다.

추리공식을 설계큰물량결정에 리용하는 경우  $Q_{\max p}$ 와  $\tau$ 가 서로 련관되어있으므로 직접 풀수 없다. 따라서 계산실무에서는 도해적인 방법으로  $Q_{\max p}$ 와  $\tau$ 가 가장 잘 일치되는 사립점을 찾는 방법으로 결정하고있다.

이 방법은  $Q_{\max p}$ 와  $\tau$ 를 가정하면서 곡선을 작성해야 하므로 풀이가 비교적 조잡하고 계산정확도도 높지 못한 제한성을 가진다.

그러므로 우리는 서로 련관된 문제풀이에서 수렴속도가 빠르고 계산정확도가 높은 엇갈림대입방법을 적용하여 이것을 극복하였다.

### 2. 엇갈림대입법의 기본원리

엇갈림대입법의 계산정확도는 엇갈림대입계렬의 수렴성과 엇갈림대입함수의 구조에 관계된다.

엇갈림대입함수를 구성하는 한가지 방법은 근사방정식을 리용하여 원방정식으로 대신

하는것이다. 엇갈림대입법에는 단순엇갈림대입법과 뉴턴엇갈림대입법이 있는데 단순엇갈림대입법을 보면 다음과 같다.

$f(x)=0$  을  $x=f(x)$  로 만든다.

하나의 초기값  $x_0$ 이 주어지면 오른쪽에 대입하여  $x_1=f(x_0)$ 을 얻을수 있다. 다시  $x_1$ 을 오른쪽에 대입하여  $x_2=f(x_1)$ 을 얻고 같은 방법으로 계속하여 하나의 계열  $\{x_k\}$ 를 얻을수 있다. 여기서  $f(x)$ 를 엇갈림대입함수,  $\{x_k\}$ 를 엇갈림대입계열이라고 부른다.

만일  $\{x_k\}$ 가 수렴한다면  $x^*$ 으로 수렴하게 되며  $f(x)$ 가 연속인 경우 다음의 관계가 성립한다.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} x_{k+1} = \lim_{k \rightarrow \infty} f(x_k) = f\left(\lim_{k \rightarrow \infty} x_k\right)$$

즉  $x^*=f(x^*)$  또는  $f(x^*)=0$ . 이것은 엇갈림대입계열이 수렴하기만 하면 실제계산에서는 물론 무한대의 걸음을 만들수 없으며 일정한 정도까지 엇갈림대입하여 얻은  $x_{k+1}$ 을 원방정식의 근사풀이로 결정하면 된다.

### 3. 응용 사례

중소류역인 경우 큰물형성과정을 분석하여보면 큰물마루흐름량에 영향을 주는 무더기비과정은 24h를 초과하지 않으며 공간상태의 변화가 크지 않다. 계산에서는 일반적으로 중심점의 비량을 류역의 평균비량으로 대신한다.

특히 추리공식이 요구하는 설계무더기비세기는 어떤 보장률을 가지고있는 일정한 시단의 무더기비 또는 평균무더기비세기이다. 추리공식은 계산이 간편하며 강수의 공간적인 분포가 균일하면 계산상요구를 충분히 만족시킨다고 본다.

추리공식에 의한 설계큰물량계산을 위한 절차는 다음과 같다.

1 : 5만 혹은 1 : 10만 지형도나 DEM자료에 기초하여 계산지점의 류역면적, 하천길이, 물매 등을 얻어 먼저  $\tau$ 를 계산한다.[2]

다음  $Q_{\max P}$ 를 계산한다. 이때  $n$ ,  $S_p$ 는 등값선도를 리용하여 얻으며  $\mu$ 값은 류역의 토양과 식물피복조건, 안정삼투세기를 고려하여 2~3mm/h로 취하며  $S_p$ 값을 계산에 적용할 때 면평균값으로 전환시키기 위해 면적체감결수를 고려한다.

그리고 계산에서 서로 연관된  $Q_{\max P}$ 와  $\tau$ 는 엇갈림대입법으로 풀이하여 정확한 흐름량을 결정한다.

$P=0.05\%$ ,  $S_p=72\text{mm}$ ,  $F=207\text{km}^2$ ,  $L=14.3\text{km}$ ,  $I=10.3\%$ ,  $m=0.6$ ,  $n=0.59$ ,  $\mu=2\text{mm/h}$  일 때 단순 엇갈림대입법을 적용한 결과는 표 1과 같다.

계산된  $Q_{\max P}$ 값의 계산정확도는 흐름량관측자료가 있는  $F \leq 100\text{km}^2$ 인 관측지점들의 보장곡선에서 얻어진  $Q_{\max P}$ 를 실제값으로 하고 계산된  $Q_{\max P}$ 값과의 상대오차를 비교하는 방법으로 평가하였다.(표 2)

표 1. 계산결과( $\text{m}^3/\text{s}$ )

대입차수	$Q_{\max P}$ 초기값	대입값
1	1 691.0	1 581.0
2	1 581.0	1 563.0
3	1 563.0	1 560.6
4	1 560.6	1 560.2
5	1 560.2	1 560.1

표 2. 보장곡선과 추리곡선에 의한 설계큰물량비교 ( $m^3/s$ )

하천명	지점	구분	보장률/%					평균/%
			0.1	0.2	0.5	1	2	
ㄷ 강	1	보장곡선	1 735	1 593	1 402	1 255	1 124	25.5
		추리곡선	2 212	2 019	1 778	1 566	1 371	
		상대오차/%	27.5	26.7	26.8	24.8	21.7	
	2	보장곡선	1 695	1 526	1 483	1 290	1 118	16.1
		추리곡선	2 030	1 824	1 687	1 468	1 271	
		상대오차/%	19.8	19.5	13.7	13.8	13.7	
	3	보장곡선	1 742	1 635	1 497	1 271	1 123	7.98
		추리곡선	1 596	1 478	1 383	1 191	1 034	
		상대오차/%	8.38	9.72	7.61	6.29	7.92	
	4	보장곡선	2 112	1 981	1 819	1 592	1 371	4.60
		추리곡선	2 187	2 016	1 942	1 633	1 486	
		상대오차/%	3.55	1.77	6.76	2.57	8.39	
	5	보장곡선	485	455	418	361	315	5.39
		추리곡선	518	476	437	380	332	
		상대오차/%	6.80	4.62	4.55	5.26	5.73	
	6	보장곡선	571	535	491	424	370	6.48
		추리곡선	598	542	506	466	421	
		상대오차/%	4.73	1.11	3.0	9.90	13.7	
ㄹ 강	1	보장곡선	3 810	3 512	3 179	2 719	2 372	4.62
		추리곡선	3 680	3 316	3 008	2 740	2 561	
		상대오차/%	3.40	5.59	5.38	0.78	7.97	
	2	보장곡선	6 576	6 007	5 239	4 650	4 084	7.67
		추리곡선	7 294	6 732	5 797	4 880	4 279	
		상대오차/%	10.92	7.07	10.65	4.95	4.77	
	3	보장곡선	1 010	956	873	804	744	5.75
		추리곡선	1 082	1 007	902	8.85	812	
		상대오차/%	7.1	5.33	3.32	3.86	9.14	
	4	보장곡선	8 515	7 768	6 707	5 875	4 903	12.9
		추리곡선	7 593	6 773	5 893	5 003	4 291	
		상대오차/%	10.8	12.8	12.1	14.8	14.1	

표 2에서 보는바와 같이 ㄷ 강상류의 1지점에서는 상대오차가 25.5%로서 매우 크지만 나머지 관측지점에서는 16.1%이하이며 일반적으로 류역면적의 증가와 함께 상대오차도 점차 커진다.

## 맺 는 말

얻어진 계산결과는 관측자료가 없는 ㄷ강과 ㄷ강류역의 중소하천에 적용하는 경우 90%의 정확도를 가진다. 그리고 계산결과에서 상대오차가 보장률에 따라 균일하게 커지거나 작아지지 못하고 일정하게 차이를 초래하는것은  $S_p$  값의 균일성을 보장하지 못하고  $m$ 에 대한 충분한 연구가 부족한데도 원인이 있다고 본다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김영봉; 기상수문과학기술통보, 4, 18, 주체101(2012).
- [2] 刘光文; 水文分析计算, 水利电力出版社, 68~72, 2009.

주체103(2014)년 7월 5일 원고접수

## **The Method of Deciding Design Flood Discharge by Intensity of Storm Rains**

*Kim Yong Bong*

We studied the method of deciding design flood discharge by storm rain in the ungaged station without any observation data in order to take measures to stave off the flood damage.

Key words: design flood, rational method