

## 수위-유량 관계식의 예민도 분석

○노재경/이우석/이한구

### 1. 연구배경 및 방법

본래 예민도 분석은 수학의 함수식에서 종속변수의 변화에 대한 독립변수의 변화를 나타내는 것이다. 수문 모형에서는 모형 식의 종속변수 즉 매개변수의 변화에 대한 독립변수 즉 반응변수(유출)의 변화라 말할 수 있다. 여기서, 예민도 분석의 목적은 매개변수의 변화가 모의 결과의 변화에 크게 영향을 미치지 않는 매개변수는 값을 고정시켜 상수로 하든지 삭제시켜 모형을 가볍게 하는 것이다.

수위관측 현상을 점검한 결과 관측되고 있는 수위값이 실제 하천수위와 약간씩 다르게 관측되고 있는 것을 확인하였으며, 수위관측을 제대로 하지 않으면 발생하는 유량의 오차는 얼마만큼 되는가 알기위해 수위-유량 관계식의 예민도 분석을 실시하였다.

수위-유량 관계식에서 예민도는 두 가지 측면에서 보아야 한다. 하나는 관계식을 유도할 때 수위변화에 대한 유출의 반응이고, 다른 하나는 관계식을 적용할 때 수위변화에 대한 유출의 반응을 보는 것이다. 여기서는 수위를 -5cm에서 +5cm까지 1cm씩 변화시키면서 유량의 변화를 살펴 보았다.

예민도 분석을 하기 위해 필요한 수위-유량 관계식의 수는 유도할 때는 11개가, 적용할 때는 1개가 필요하다. 즉 유도할 때는 유량측정성과와 수위를 적용시킬 때 수위값을 일률적으로 1cm씩 변화시켜 각각에 대해 수위-유량 관계식을 구하니까 전체 11개의 식이 만들어지고 적용할 때는 하나의 관계식을 구하여 관계식을 적용할 때 수위를 -5cm에서 +5cm까지 1cm씩 변화시키면서 유량의 변화를 살펴 보는 것으로 하였다.

여기서 한 가지 지표를 제시하고자 하는 것은 수위변화에 대한 예민도를 나타내는 것으로 단위수위변화에 대한 유량변화율이다. 유량변화율은 기준유량에 대한 관계식을 유도할 때 수위를 잘못 적용하여 구한 관계식에 의한 유량의 상대오차와 관계식에 수위를 잘못 적용하여 구한 유량의 상대오차로 나타내었다. 이를 식으로 나타내면 식(1)과 같다.

$$Shq = \frac{1}{10} \left\{ 100 \left( \frac{Q_{h+5} - Q_h}{Q_h} \right) - 100 \left( \frac{Q_{h-5} - Q_h}{Q_h} \right) \right\} \quad (1)$$

여기서,  $Q_{h+5}$ 는 수위를 실제수위 보다 5cm 높게 하여 계산한 유량,  $Q_h$ 는 실제수위를 적용하여 계산한 유량,  $Q_{h-5}$ 는 실제수위 보다 5cm 낮게 하여 계산한 유량이다.

이 때 수위를 잘못 적용하는 경우는 관계식을 유도할 때와 적용할 때 두 가지로 구분된다. 수위-유량관계식 예민도의 단위는 단위수위변화에 대한 유출량의 상대오차를 나타내어 %/cm로 된다. 또한 유출량의 기간은 연, 계절, 홍수사상기간 등 자유롭게 설정할 수 있다.

## 2. 적용 및 결과

호탄의 경우에 대해 적용한 예로 제시한다. 표1과 같이 11개의 수위-유량 관계식을 유도하였고, 그림1은 관계식을 유도할 때 일 단위의 연 유출량 예민도, 그림2는 관계식을 적용할 때 일 단위의 연 유출량 예민도를 나타낸 것이다. 또한 그림3, 그림4는 각각 시간 단위의 1999.6.21-9.30 유출량의 관계식을 유도할 때와 적용할 때의 예민도 분석 결과이다.

그림1, 그림3에서 보는 바와 같이 수위-유량 관계식을 적용할 때 분석한 예민도는 x축이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내고, 그림2, 그림4에서 보는 바와 같이 유도할 때 분석한 예민도는 x축의 증가와 함께 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향은 모든 관측소에 똑같이 나타나는 현상이었다.

그림에서 유출량은 시간별로 11개의 유출량 자료가 중첩되어 그려진 것이다. 그림1를 예로 들면 수위를 제대로 적용하여 계산한 기준 유량은 1055.1mm인데 관계식을 유도할 때 수위를 5cm 낮게 적용하여 구한 관계식으로부터 계산한 유량은 1165.5mm, 수위를 5cm 높게 적용하여 구한 관계식으로부터 계산한 유량은 976.9mm를 나타내고 있어 예민도는 1.75%/cm를 나타내고 있다. 이 예민도(1.75)에 기준유량(1055.1)를 곱하면 18.464mm가 구해지며, 여기에 유역면적(1840.89km<sup>2</sup>)을 곱하면 34백만m<sup>3</sup>이 계산된다. 즉 수위를 1cm 잘못 적용하면 1년에 34백만m<sup>3</sup>의 유량이 적게 계산된다는 것을 말해주고 있다.

흔히 댐 상류에 위치한 관측소의 수위는 1-2cm 틀려도 상관없다고 생각할 수 있다. 관측소의 역할이 여름철 홍수시 댐 유입량을 추정하여 홍수기 원활한 댐운영을 달성하는 것이 가장 크기 때문에 수위가 약간 틀려도 전체 유량값은 얼마 차이가 나지 않을 것이며, 댐운영에 영향이 무시할 정도로 작을 것으로 볼 수 있다.

표 1 예민도 분석을 위한 수위-유량 관계식 유도결과(1998, 호탄 관측소)

일련번호	수위차 (cm)	구분	수위-유량 관계식 $Q = a ( H + b ) ^ c$	수위 범위 (m)
1	-5	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.150 )^{2.221}$	$H \geq 2.51$ $H < 2.51$
		구간1	$Q = 68.438 ( H + 0.150 )^{2.016}$	
		구간2	$Q = 53.536 ( H + 0.150 )^{2.267}$	
2	-4	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.140 )^{2.221}$	$H \geq 2.60$ $H < 2.60$
		구간1	$Q = 68.438 ( H + 0.140 )^{2.016}$	
		구간2	$Q = 53.894 ( H + 0.140 )^{2.253}$	
3	-3	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.130 )^{2.221}$	$H \geq 2.61$ $H < 2.61$
		구간1	$Q = 68.438 ( H + 0.130 )^{2.016}$	
		구간2	$Q = 53.894 ( H + 0.130 )^{2.253}$	
4	-2	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.120 )^{2.221}$	$H \geq 2.62$ $H < 2.62$
		구간1	$Q = 68.438 ( H + 0.120 )^{2.016}$	
		구간2	$Q = 53.894 ( H + 0.120 )^{2.253}$	
5	-1	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.110 )^{2.221}$	$H \geq 2.63$ $H < 2.63$
		구간1	$Q = 68.438 ( H + 0.110 )^{2.016}$	
		구간2	$Q = 53.894 ( H + 0.110 )^{2.253}$	
6	0	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.100 )^{2.221}$	$H \geq 1.52$ $H < 1.52$
		구간1	$Q = 56.994 ( H + 0.100 )^{2.137}$	
		구간2	$Q = 53.894 ( H + 0.100 )^{2.253}$	
7	-1	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.090 )^{2.221}$	$H \geq 2.24$ $H < 2.24$
		구간1	$Q = 62.057 ( H + 0.090 )^{2.081}$	
		구간2	$Q = 53.822 ( H + 0.090 )^{2.249}$	
8	-2	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.080 )^{2.221}$	$H \geq 2.25$ $H < 2.25$
		구간1	$Q = 62.057 ( H + 0.080 )^{2.081}$	
		구간2	$Q = 53.823 ( H + 0.080 )^{2.249}$	
9	-3	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.070 )^{2.221}$	$H \geq 2.26$ $H < 2.26$
		구간1	$Q = 62.056 ( H + 0.070 )^{2.081}$	
		구간2	$Q = 53.823 ( H + 0.070 )^{2.249}$	
10	-4	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.060 )^{2.221}$	$H \geq 2.27$ $H < 2.27$
		구간1	$Q = 62.057 ( H + 0.060 )^{2.081}$	
		구간2	$Q = 53.823 ( H + 0.060 )^{2.249}$	
11	-5	전체	$Q = 53.487 ( H + 0.050 )^{2.221}$	$H \geq 2.45$ $H < 2.45$
		구간1	$Q = 63.978 ( H + 0.050 )^{2.061}$	
		구간2	$Q = 53.823 ( H + 0.050 )^{2.249}$	

(호탄 - 1998)

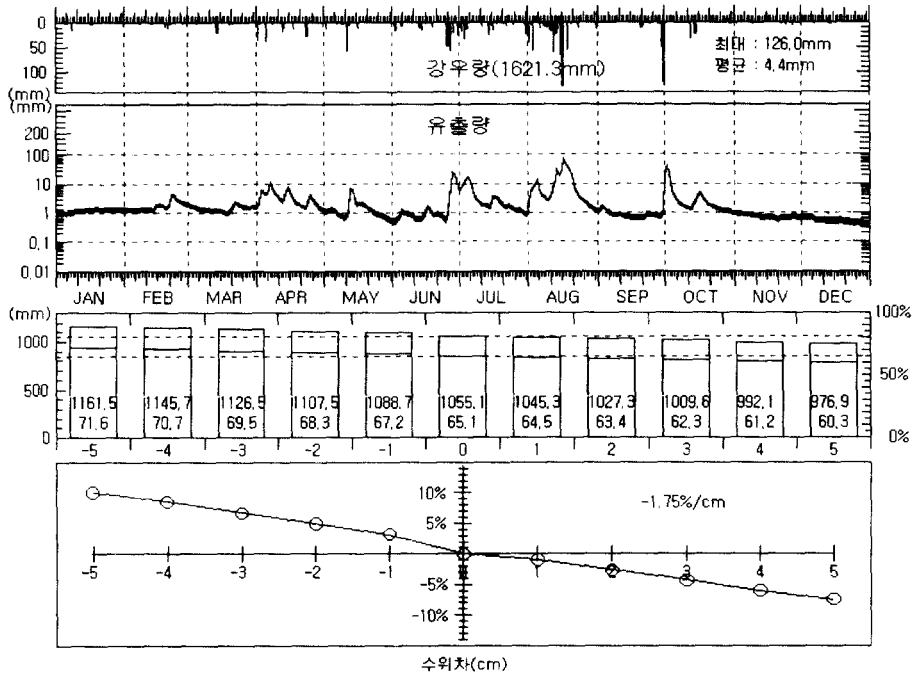


그림 1 유도할 때 예민도 분석 예(일자료, 호탄, 1998)

(호탄 - 1998)

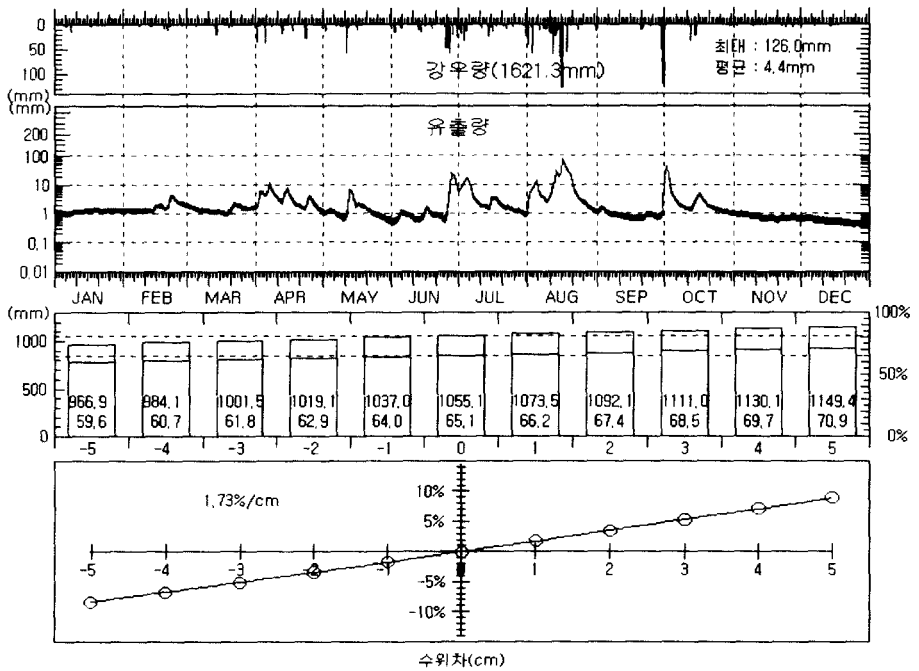


그림 2 적용할 때 예민도 분석 예(일자료, 호탄, 1998)

(호탄 - 1999.6.21-9.30)

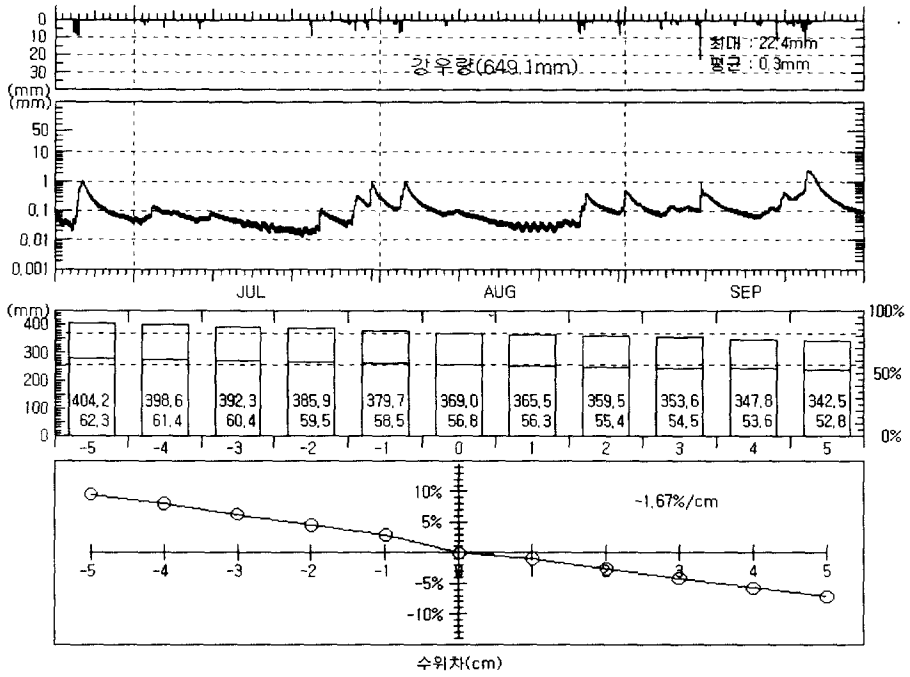


그림 3 유도할 때 예민도 분석 예(시간자료, 호탄, 1999.6.21-9.30)

(호탄 - 1999.6.21-9.30)

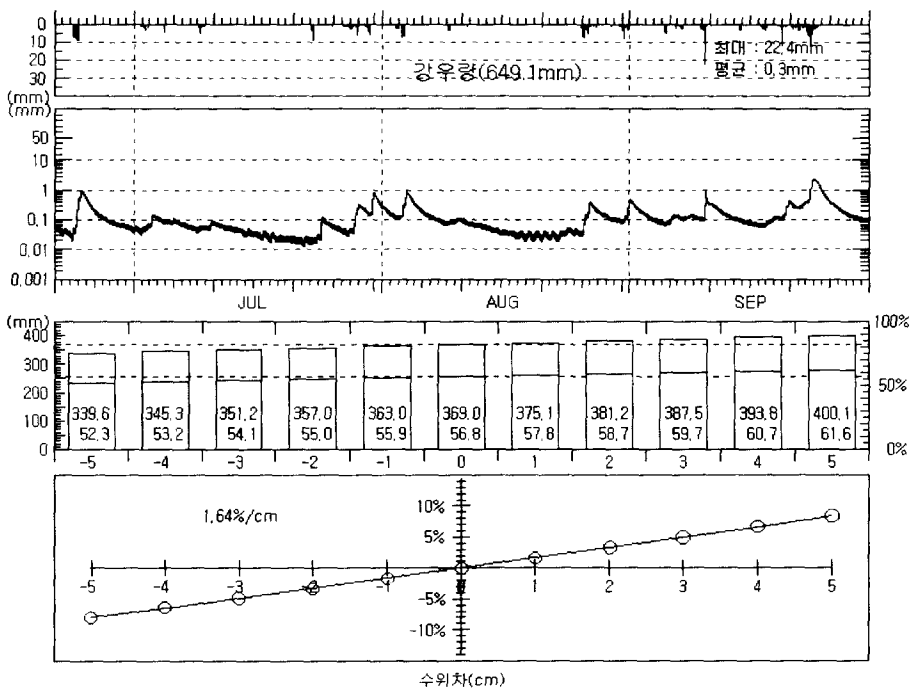


그림 4 적용할 때 예민도 분석 예(시간자료, 호탄, 1999.6.21-9.30)

그러나, 댐 계획이나 운영에서 평·갈수기의 유량자료의 정확성을 요구하고 있으며, 이는 수질 측면에서 더욱 절실하게 요구되고 있다. 또한 평·갈수기 수위관리를 제대로 해야 홍수기에도 수위를 정확하게 관측할 수 있는 준비가 되는 것이다. 조금 관심만 가지면 발생하지 않을 것으로 여겨지는데 엄청난 토목 및 통신시설을 설치하여 하천수위를 관측하는데 몇cm 오차를 가져온다는 것은 ‘관측을 한다’는 말을 하지 말아야 할 것이다. 하천수위 오차는 눈으로 확인할 수 있는 1cm 이내로 줄여야 할 것이다.

여기서, 수위별로 수위오차에 따른 유량차이를 알기 위해 그림 5와 같이 표현해 보았으며, 수위가 상승함에 따라 단위수위별 유량차이가 크게 나타나고 있다. 그림은 호탄 관측소의 경우이며, 수위가 1.0m일 때는 1cm 수위오차에 1.331m<sup>3</sup>/s의 유량차이가 발생하였으나 수위가 5.0m일 때는 8.783m<sup>3</sup>/s의 유량차이를 보였다. 물론 유량이 많을 때는 상대오차는 감소하며, 1.0m일 때는 2.01%, 5.0m일 때는 0.44%였다.

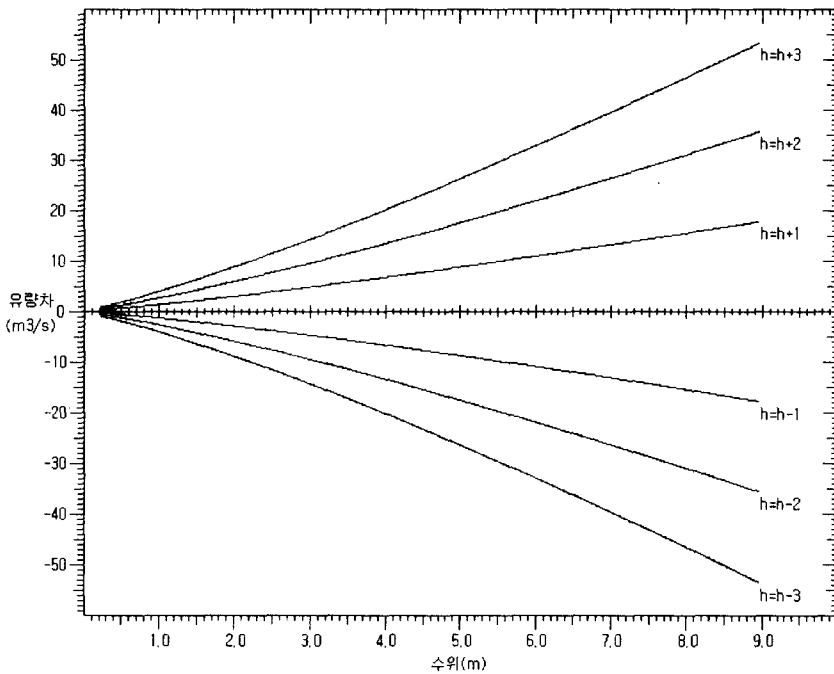


그림 5 수위별 수위오차에 대한 유량차이(호탄)