

한강 에서의 상류 저수지 건설로 인한 수문곡선 변천에 관한 연구

성균관 대학교 교수 (공학박사) 김 치 용

성균관 대학교 대학원 박사과정 윤 여 송

1. 서 론

수문곡선은 어떤 유역에서 강우와 유출과의 관계를 지배하는 여러 특성인자로 인한 유역의 유출형상의 특성을 나타내는 곡선이라 할 수 있다. 따라서 수문곡선의 형태를 해석함으로써 대략적으로 유역의 지상학적, 기후학적 특성인자를 파악할 수 있다.

어느 한유역은 강우라는 입력신호를 받아 유출이라는 출력을 나타내는 Black Box로서 이것의 특성은 변화되지 않으며 일정한 입력값에 대하여 상응된 출력을 나타내게 된다.

그러나 상류지점에 댐이 건설되어 현안지점의 유입량에 변화가 생긴다면 그곳에서의 수문곡선의 형상, 즉 유출의 특성이 변화하리라는 것을 예측 할 수 있다.

본 연구는 수치 filter를 설계하여 홍수 수문곡선을 이용, 유출을 표면유출, 중간유출, 지하수유출로 분리하여 상류 지점에 댐이 없었을 때의 각 유출 특성과 댐이 단계적으로 건설됨에 따라 변화되는 각 유출의 값을 비교하여 그의 미치는 영향을 규명하는데 목적이 있다.

대상 지역으로는 한강 수계의 인도교 지점을 현안 지점으로 삼아 상류지역에 댐이 전혀 없던 1925년 7월의 홍수(32604 CMS), 및 1936년 8월의 홍수(23125 CMS)에 대한 수문곡선으로부터 유출을 분리 하였고, 북한강 수계에서 청평댐(1943), 화천댐(1944), 춘천댐(1961) 및, 남한강 수계의 괴산댐(1957)의 건설후인 1965년의 홍수 수문곡선을 이용하였고, 기존의 청평, 화천, 춘천, 괴산댐에 의암댐(1967), 팔당댐(1972), 소양강댐(1972)이 추가로 건설된 후 인 1972년 8월의 홍수 수문곡선 및 그 후 에 남한강 수계의 충주댐이 담수를 시작한 1984년 9월의 홍수 수문곡선을 이용, 유출을 분리하여 5개년도의 값을 비교, 수문곡선의 변천을 연구 하였다.

2. 본 론

2-1 유출 분리 이론

강우-유출 관계를 살펴보면 첫째로 강우 개시 후 유출량은 즉시 증가하지 않으며 이 사이에 초기손실 강우량이 발생된다. 둘째로 강우 종료후 유출량이 원상태로 즉 즉시 돌아오지 않는다. 즉 동적특성을 갖는 원인에 대하여 생각하면 입력 신호를 시간에 관하여 적분하는 적분기의 존재를 알 수 있으며 물리계의 동적 특성은 미분방정식에 의해 기술된다.

세번째로 유역은 강우의 고주파수 성분을 cut하여 저주파수 성분만을 통과하는 저감 filter(low pass filter, high cut filter)의 역할을 하고 있다.

이상의 이론적 근거를 바탕으로 수치 filter를 설계하여야 됨을 알 수 있다.

비정상 효과를 고려한 저류량-유출량에 관한 미분방정식을 생각한다. 지금 유역에 있어서 우수 저류량 s , 강우(입력) x , 유출량(출력) y 로 하면 다음식이 성립한다.

$$\frac{ds}{dt} = x - y \quad , \quad s = f(y) \quad (1)$$

윗 식에서 저류와 유출에 있어 비정상 효과를 고려하고 $S=f(y)$ 의 관계를 다음식으로 한다.

$$S = k_1 \cdot y + k_2 \frac{dy}{dt} \quad (2)$$

단 위의 (2)식에서 s 와 y 의 관계는 선형이다.

(1)과 (2)식에서 2계 상미분 방정식이 되고 진동형 방정식과 같은 방정식이 된다.

$$k_2 \frac{d^2y}{dt^2} + k_1 \frac{dy}{dt} + y = x \quad (3)$$

or 여기서
$$\frac{d^2y}{dt^2} + d_1 \frac{dy}{dt} + d_0 y = d_0 x \quad (4)$$

이와 같이 수문현상에서 일반적으로 고계상미분방정식으로 표시할 수 있으나 단기 유출 성분(표면유출 성분)은 앞 식에서 표시한 것과 같이 저류량의 비정상 효과를 고려한 2계의 상미분방정식으로 표현할 수 있다.

1-2 편측 작용의 수치 filter

현 시점($n, \Delta t$) 이전의 data에 대하여 filtering을 행하는 방법으로서 편측 작용의 수치 filter를 설계한다.

물리계에서는 unit impulse response $h(\tau)$ 는 반드시 $\tau \geq 0$ 에 대해서만이 의미가 있다 즉,

$$h(\tau) \begin{cases} = h(\tau) & (\tau \geq 0) \\ = 0 & (\tau < 0) \end{cases} \quad (5)$$

여기서 앞의 2계미분방정식을 이용하므로써 수치 filter를 설계한다.

$$\frac{d^2y}{dt^2} + d_1 \frac{dy}{dt} + d_0 y = d_0 x \quad (6)$$

응답함수는 다음식으로 나타내어진다.

$$h(\tau) \begin{cases} = \exp(-\frac{d_1}{2}\tau) \cdot \sinh\left(\sqrt{\frac{d_0-d_1^2}{4}}\tau\right) / \sqrt{\frac{d_0-d_1^2}{4}} & (d_0-d_1^2/4 \geq 0), (\tau \geq 0) \\ = \exp(-\frac{d_1}{2}\tau) \cdot \sinh\left(\sqrt{\frac{d_1^2-d_0}{4}}\tau\right) / \sqrt{\frac{d_1^2-d_0}{4}} & (d_0-d_1^2/4 < 0) \\ = 0 & \end{cases} \quad (7)$$

이에 대한 응답은 다음과 같다. $y(t) = \int h(\tau)x(t-\tau)d\tau \quad (8)$

즉 h 는 x 에 대하여 후방 작용 filter가 되어 있다.

(8)을 고주파수 영역으로 표시하면 다음식이 된다.

$$Y(\omega) = H(\omega) \cdot X(\omega) \quad (9)$$

$$H(\omega) = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{k_2} - \omega^2\right) - \lambda\left(\frac{k_1}{k_2}\right)\omega\right] k_2} = \frac{1}{\left[\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right) - \lambda\delta\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)\right]} \quad (10)$$

$$|H(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\left\{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right)^2 + \delta\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right\}}} \quad (11)$$

위의 식을 FOURIER 변환 함으로써 응답함수 $h(\tau)$ 가 구해지고 수치 filter가 다음식으로 해진다.

$$\omega_i \begin{cases} = h(m \cdot \Delta t) & (m=0, 1, 2, \dots, N) \\ = 0 & (n=-1, -2, \dots) \end{cases} \quad (12)$$

끝으로여파후의출력은 다음식이 된다.

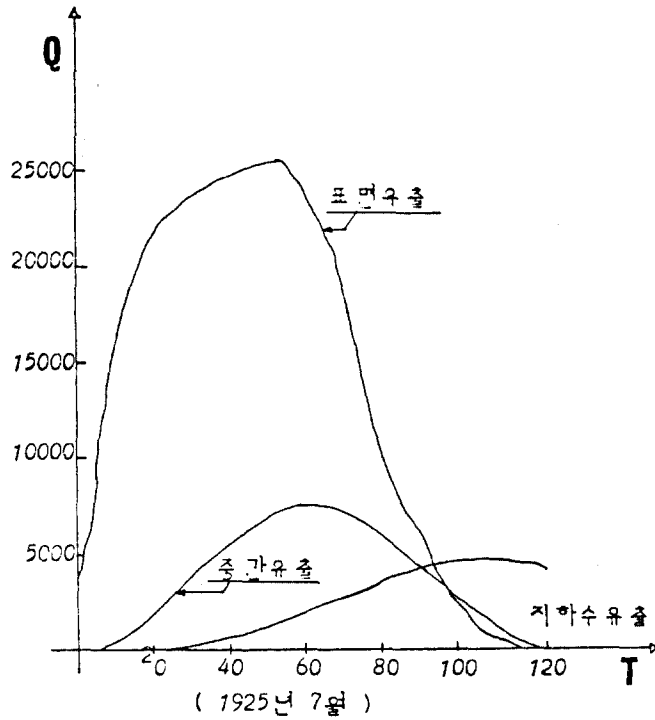
$$\bar{y}(t) = \int_0^{\infty} h(\tau) \cdot X(t-\tau) \cdot d\tau \quad (13)$$

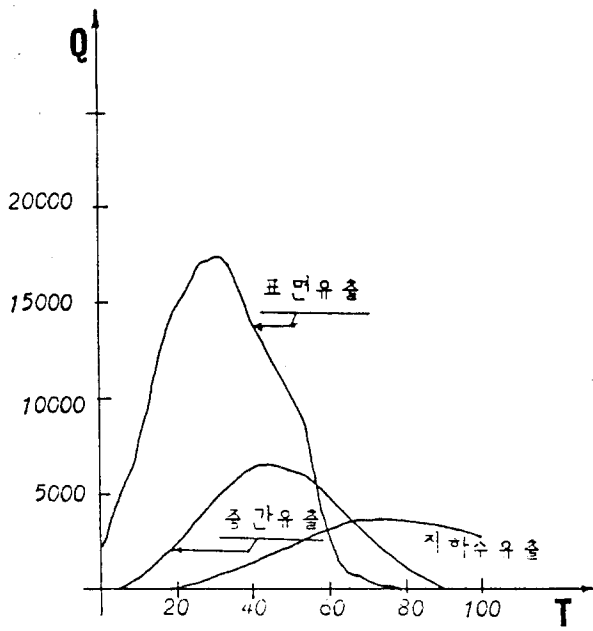
이산 표시하면

$$\bar{y}_n = \sum h_k \cdot X_{n-k} \cdot \Delta\tau = \sum w_k \cdot X_{n-k} \quad (14)$$

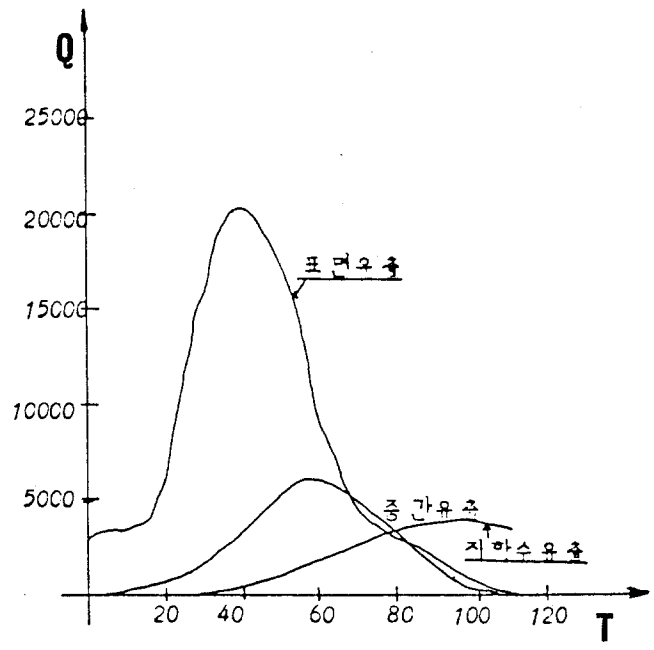
이상과 같이해서 편측 작용의 수치filter가 설계되어 유출 시계열의 유출 본리가 행하여진다.

2-3 유출 분려 결과 및 비교

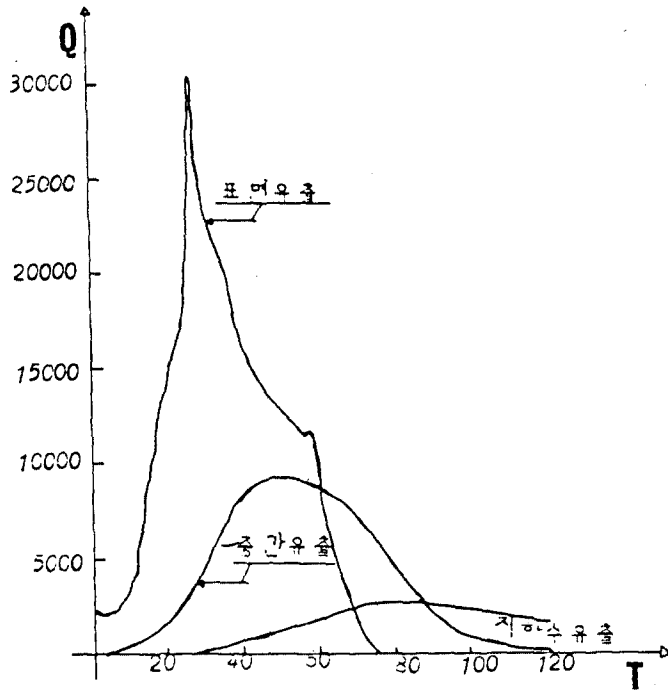




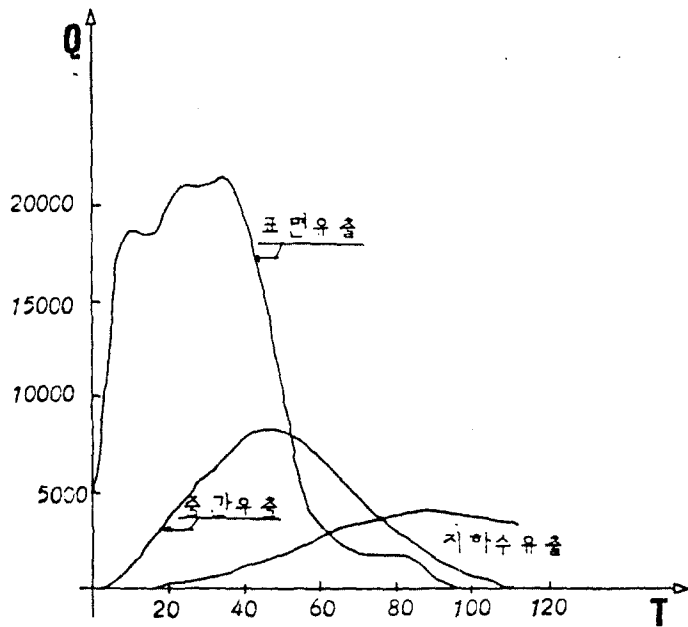
(1936년 8월)



(1965년 7월)



(1972년 8월)



(1984년 9월)

년도	Q _{max} (CMS)	T _m (h _p)	T _c		침투유량비 (CMS)				전유출용량비	
			T _{c1}	T _{c2}	$\frac{Q_1}{Q_{max}}$	$\frac{Q_2}{Q_{max}}$	$\frac{Q_3}{Q_{max}}$	$\frac{Q_{int}}{Q_3}$	$\frac{\sum V_s}{\sum V_r}$	$\frac{\sum (V_1 + V_2)}{\sum V_s}$
1925	32604	46	31.06	44.02	0.782	0.232	0.143	0.395	0.698	0.301
1936	23125	35	17.29	24.04	0.743	0.281	0.152	0.507	0.673	0.327
1965	24500	45	24.48	32.08	0.826	0.242	0.150	0.390	0.642	0.358
1972	34500	27	15.71	34.02	0.889	0.266	0.074	0.338	0.553	0.447
1984	29300	36	24.24	36.63	0.734	0.281	0.132	0.478	0.581	0.419

(비교 결과)

3. 결 론

- 1) 강우와 유출량 관계를 편측작용 수치 filter를 설계하여 5개년도의 홍수 수문곡선으로 부터 각각의 표면유출, 중간유출, 지하수유출을 분리 하였다.
- 2) 유출분리된 수문곡선에 의거 전유출용적을 결과 댐축조의 영향을 받는 것과 임상의 여건에 비례하여 지하및 중간유출용적이 점차적으로 증진함을 알게 되었다.
- 3) 전 유출의 침투 유량값과 각 유출(표면, 중간, 지하수)의 침투 유량비를 검토한 결과 침투유량비에는 일정한 변화가 보이지 않았다.
- 4) 위의 3)의 결과는 북한강 수계와 남한강 수계의 침투시간및 유량이 같지 않고 많은 지류의 영향으로 인하여 뚜렷이 규명되지 않는 것으로 생각된다.
- 5) 본 연구는 지류의 영향이 다분이 지배되는 한강 인도교지점을 대상으로 하였는데 여기서 주목 할 것은 지하수침투유출이 표면침투유출 시간위 2-2.5배 후 침투 표면유출이 출현후 50시간 정도후의 나타남을 볼 때 내수배제의 강력한 조치가 필요함을 제시 하고 있다.