댐 저수지내의 저류량 상태해석

李舜澤 · 張仁洙 嶺南大學校 敎授 · 博過

1. 서 론

생활수준이 향상되고 인구가 증가함에 따라 용수수요가 급증하고 있으며 이 용수수요를 충족시키는 수단으로써 저수지가 많이 건설되고 있다. 예로부터 저수지는 자연의 물의 불균형을 조절하는 중요한 수공구조물이었으며 과거 수천년동안 인간은 용수공급을 위하여 여러 지점에 저수지를 건설하였다. 그런데 저수지의 축조법은 기술적으로나 경제적으로 발전되어 왔지만, 용수공급목표에 부합하는 최적저수용량을 결정하는 방법은 경험에 바탕을 둔 기술적 판단에 근거하였다.

저수지 용량에 대한 저류량 상태분석에 있어서 지금까지는 주로 누가곡선법에 의존해 왔는데, 이 기법으로 산정된 필요저수용량은 유량자료의 길이가 증가함에 따라 필요저수용량도 증가하기 때문에 적합한 설계로 받아들여질 수 없다.

또 근래에 와서는 임의의 지속기간을 가진 한발이 발생할 확률을 도입하는 방향으로 해석법이 진보되었으며, 유량의 연차적 변동에 영향을 받지 않도록 저유량사상을 선택하여 부분지속기간계열을 분석함으로써 확률에 따른 저수용량을 구했다. 그러나 이 기법은 방류량의 계절적 변동을 고려할 수 없기 때문에 최종설계에 타당한 기법으로 추천될 수 없었다.

본 연구에서는 저수지내의 저류량 상태해석을 Moran이 제시한 방법을 이용하여 산정하였는데, 이 기법은 유입량, 방류량 및 저수용량 자료를 물수지 방정식에 적용시켜 천이확률행렬을 만들고, 이를 해석함으로써 확률에 따른 저수용량, 방류량 및 저류상태의 관계를 산정하는 기법이며, 안동댐 자료를 분석에 사용하였다.

---

* 영남대학교 교수 (공학박사)

** 영남대학교 대학원

2. 모델의 기본이론

연속적으로 저수지에 유입되는 유입량 I(t)은 Δt시간의 이산계열치로 분석되며, Δt 동안에 용수공급량 I(Δt)의 확률분포는 관측된 자료로부터 유도된 빈도분포 R(x)에 의해서 산정된다.

$\Delta t = 1$년에 해당되는 유입량의 정상분포 F(x)는 다음과 같이 표시된다.

$$R(x) = r(I \le x) \approx F(x) = p(I \le x)$$

한편 월유입량 혹은 1년중 T개의 기간을 가지는 임의의 기간에 해당되는 유입량의 비정상분포 F(x,T)는 다음과 같이 표시된다.

$$R(x,T) = r[I(T) \le x] \approx F(x,T) = p[I(T) \le x]$$

이 모델의 유입량과 유출량에 대한 기본가정은

i) 연속적인 기간 s - 1, s, s +1동안의 유입량은 독립적이고 추계학적인 변수로서 다음과 같이 정의된다.

$$p[I(s\ \Delta t) = i \mid I(s-1)\ \Delta t = j] = p[I(s\ \Delta t) = i]$$

ii) 임의의 기간에 있어서 저수지유입은 항상 방류보다 선행한다.

이상과 같은 가정하에서 s번째 기간에서의 저수지의 저류량 ξ(t)는 다음 식에 의해서 얻어진다.

$$\xi(s\ \Delta t) = \max\{\min[\xi(s-1)\ \Delta t + I(s\ \Delta t), K] - M, 0\}$$

그리고 저류량 ξ(s Δt)의 시계열은 Single-step Markov chain을 따른다.

또 용량을 동일한 용량단위 ΔV의 정수배에 의해서 계산토록 하며, 저수지의 유입량 (I), 저수지용량(K), 방류량(M) 및 저류량(ξ)은 다음과 같이 정의된다.

$$I = i\ \Delta V \qquad (i = 0, 1, 2, ---, i_{max})$$

$$K = k\ \Delta V \qquad (k = 2, 3, 4, ---, k_{max})$$

$$M = m\ \Delta V \qquad (m = 1, 2, 3, ---, k-1)$$

$$\xi = j\ \Delta V \qquad (j = 0, 1, 2, ---, k - m)$$

천이확률 (Transition Probability)은 다음과 같으며,

$$A(j,i) = p\{\xi(s\ \Delta t) = j\ \Delta V \mid \xi[(s-1)\ \Delta t] = i\ \Delta V\}$$

이것은 Markov chain의 특성이다. 즉 전년의 저류량이 i ΔV인 조건하에서 s번째 기간의 저류량이 j ΔV인 조건확률은 (i, j) = 0, 1, 2, --- , k-m의 모든 값들의 짝에 의해서 계산된다.

만일 주어진 용량 K = k ΔV와 방류량 M = m ΔV를 가진 저수지에 대해서, 다음 식은 유입량 I의 주변확률 (Marginal probability) p(i)로 부터 천이확률 A(i, j)를 구할 수 있는 관계식의 계열을 나타낸다.

$$
\begin{array}{lll}
A(0,0) = p(0)+\cdots+p(m), & A(0,1) = p(0)+\cdots+p(m-1), \ldots\ldots, & A(0,i) = p(0)+\cdots+p(m-i) \\
A(1,0) = p(m+1), & A(1,1) = p(m), & \ldots\ldots, A(1,i) = p(m-i+1) \\
\vdots & \vdots & \vdots \\
A(i,0) = p(m+i), & A(i,1) = p(m+i-1), & \ldots\ldots, A(i,i) = p(m) \\
\vdots & \vdots & \vdots \\
A(k-m,0) = \sum_{i>k} p(i), & A(k-m,1) = \sum_{i>k} p(i), & \ldots\ldots, A(k-m,i) = \sum_{i>k} p(i)
\end{array}
$$

천이확률 A(i, j)는 천이확률 **A**로 요약된다. 여기서, 열의 첨자는 기간(s-1)동안의 저류량을 나타내며, 행의 첨자는 기간(s)동안의 저류량을 나타낸다.

3. 분석 및 고찰

안동댐 자료를 Moran 모델에 적용시켜 저수지내의 저류량 상태해석을 한 후 결과를 도시하면 Fig. 1 - 2와 같다.

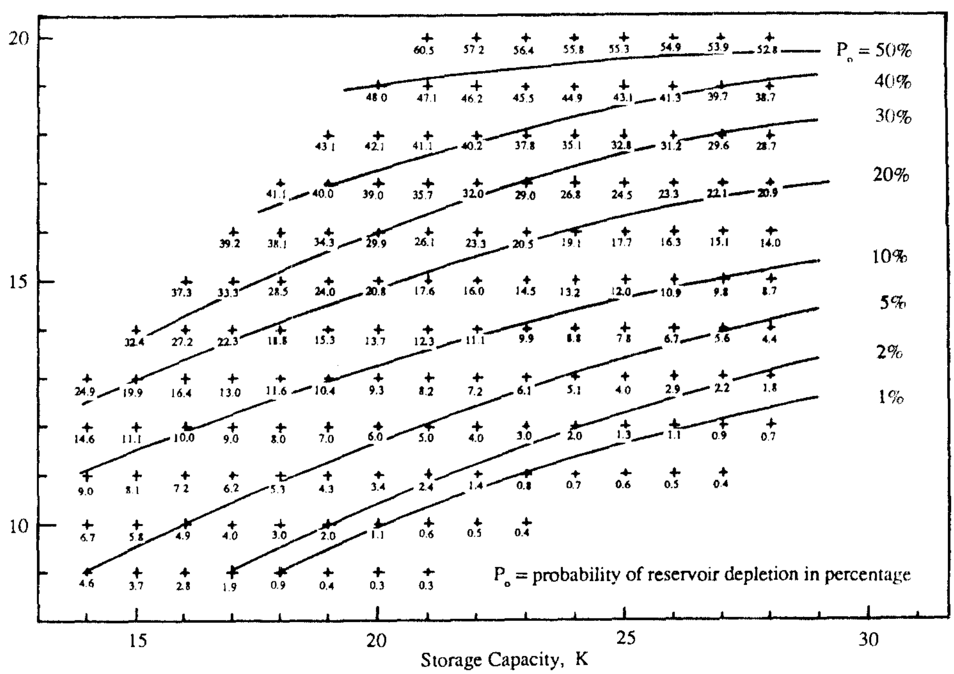

Fig. 1 Yield Function of Storage

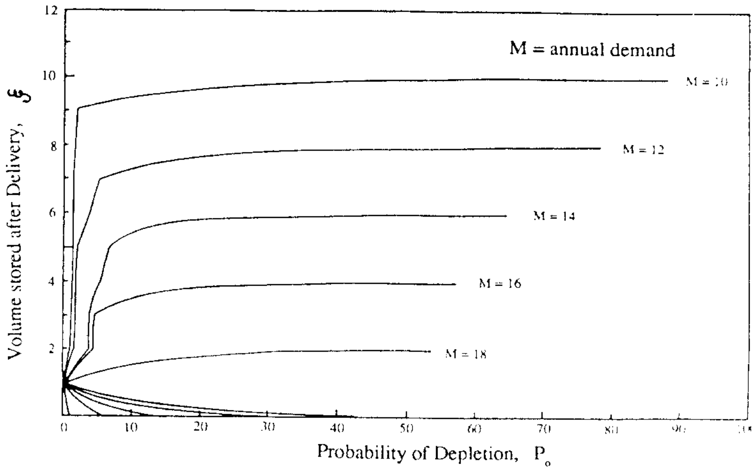

Fig. 2 Storage Volume changed with a Different Demand M

4. 결 론

안동댐 자료를 Moran의 정상연유입량 모델과 비정상월유입량 모델에 적용시켜 저류량 상태해석을 한 결과, 저수지의 저수용량 - 방류량 - 저류량 - 확률의 관계를 확립할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Joy, C.S. and McMahon, T.A. : Reservoir Yield Estimation Procedure, Civ. Eng. Trans. I.E. Aust., Vol.CE14, No.1, April, 1972, p.28 - 36.
2. Moran, P.A.P. : The Theory of Storage. London, Methuen, 1959.
3. McMahon, T.A. and Mein, R.G. : Reservoir Capacity and Yield. Developments in Water Science 9. Elservier, Amsterdam, 1978.
4. Mitchell, T.B. : Reservoir Yield Using TPM Method, ASCE, Vol.103, No. HY2, Feb. 1977.
5. Kottegoda, N.T. : Stochastic Water Resources Technology. London, McMillan, 1980.
6. 이재관 : 계량적 방법, 박영사, 1982.
7. 김기영, 곽노균 : 계량의사 결정론, 법문사, 1988.