

주암 - 이사천댐 연계운영에 따른 도수터널의 부정류계산

조 효섭* 유 주환** 권 오현***

1. 서론

섬진강수계에 건설된 주암댐 및 이사천댐은 병렬계통으로서 도수터널이 연결되어 주암호 저류량이 이사천호로 공급되도록 구성되어 있다.

발전소는 이사천댐에 위치하고 있으나, 이사천댐 유역은 그 집수면적이 작으므로 도수터널에 의한 보성강 물의 공급능력이發電량을 크게 지배한다. 따라서 터널을 통한 不定流의 통수능력이 저수지 조작에 미치는 영향이 크므로, 본 연구에서는 부정류 계산방법을 비교하여 저수지 운영 프로그램에 적합한 방법을 선택 적용하였다. 사용된 방법은 모의계산 방법과 4th-order Runge-Kutta의 수치해법을 사용 하였다.

2. 시스템 구성 및 도수계통

2.1 시스템 구성

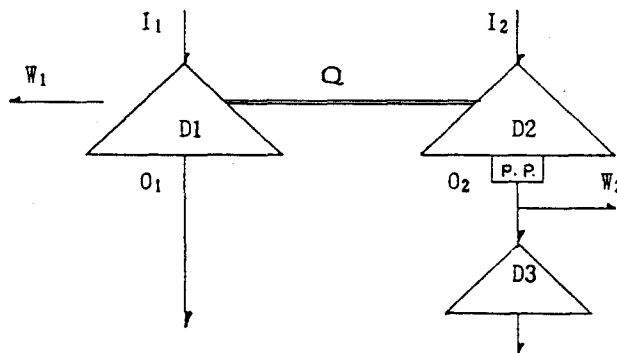


그림 1. 주암-이사천댐 시스템 구성도

* 충남대학교 대학원 석사과정
 ** 충남대학교 대학원 박사과정
 *** 충남대학교 토목공학과 교수

주암-이사천댐은 그림 1과 같이 구성되어 연결수로로 주암호의 저류량이 이사천호로 공급된다. 주암호는 용수공급이 그 주목적이고, 이사천댐에서는 수력발전과 용수공급을 목적으로 하고 있다.

시스템구성변수	내	용
D_1, D_2, D_3	주암댐(보성강), 이사천댐(이사천), 재조정지	
I_1, I_2	주암댐 유입량, 이사천댐 유입량	
O_1, O_2	주암댐 방류량, 이사천댐 방류량(순천만 관개용수 포함)	
W_1, W_2	광주시 용수공급량, 여수 광양지구 용수공급량	
Q	터널도수량	

2.2 도수계통

그림 2 에서 저수지 1 은 住岩湖, 저수지 2 는 伊沙川湖를 나타내면, I 및 O 는 각각 流入量과 放流量으로서 시간함수이다. 이때 터널 도수량 Q 는 수위차 Δh 의 함수이다.

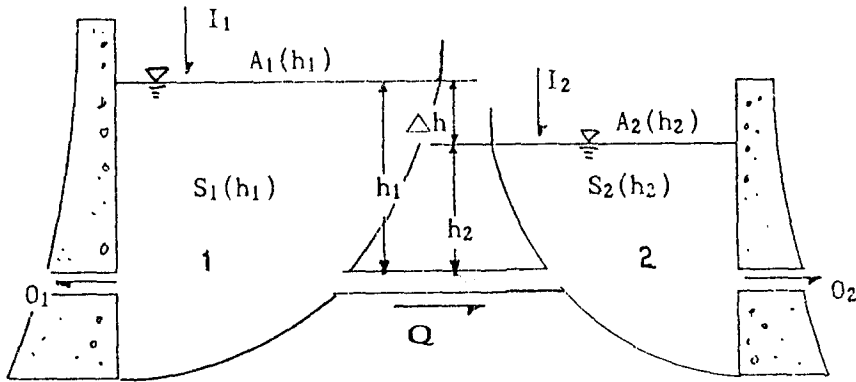


그림 2 도수계통 정의

3. 터널도수량 計算模型

도수터널의 水理 問題는 기본적으로 時間函數인 두 저수지의 水位差에 따른 不定流(Unsteady flow)의 문제이므로 다음과 같이 支配方程式을 마련하였다.

3.1 支配方程式

質量保存法則을 Reynolds 의 輸送定理로 나타내면,

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\partial M}{\partial t} \Big|_{c.v.} + \int_{cs.} \rho V dA = 0 \tag{1}$$

이 식을 그림 2 시스템에 적용하고, $\rho = \text{const}$ 이면,

$$\left. \frac{\partial S}{\partial t} \right|_{c.v.} + V \left. dA \right|_{out} - V \left. dA \right|_{in} = 0 \quad (2)$$

식 (2)를 저수지 1 과 저수지 2 에 적용하면,

$$A_1(h_1) \frac{dh_1}{dt} = I_1 - O_1 - Q(\Delta h) \quad (3)$$

$$A_2(h_2) \frac{dh_2}{dt} = I_2 - O_2 + Q(\Delta h) \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)를 정리하면 다음의 1 계 미분방정식을 얻게된다.

$$\frac{dh_1}{dt} = (I_1 - O_1 - Q(\Delta h)) / A_1(h_1) \quad (5)$$

$$\frac{dh_2}{dt} = (I_2 - O_2 + Q(\Delta h)) / A_2(h_2) \quad (6)$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad (7)$$

3.2 解法

3.2.1 Runge - Kutta의 수치해법

위의 微分方程式의 解를 4th-order Runge-Kutta 의 수치해법에 의하여 터널 도수량을 구하였다. 터널 도수량 계산 프로그램은 20년간 (총 7,300 시간축)에 대하여 주암호 계통의 최적조작을 위한 동적계획 운영 프로그램의 부프로그램으로서 사용되므로 연산시간의 제약을 크게 받게된다.

3.2.2 模擬計算

연산시간을 줄이기 위하여 수리화적인 모의 조작을 수행하였다.

두 저수지를 짧은 간격으로 이산화하여 定常流로 취급하는 방법이다. 그림 2 에서 도수터널에 가상의 제어변을 부착하고 Δt 시간동안 폐쇄하는 조건에서 두 저수지의 수위를 계산하고 이를 다시 열었을 때의 통수량으로 연속방정식을 만족토록 수행하는 접근법이다.

이 방법에서 Δt 시간을 짧게 하면 부정류계산으로 수렴되므로, 허용정도에 따라서 Δt 를 크게 하여 연산시간을 줄일 수있다.

가. 모의 계산의 흐름

정상류로 모의계산은 그림 3의 흐름으로 수행 되었다. 여기서 다음의 특별조건이 요구된다.

- (1) 제수문 폐쇄시 저류방정식에서 수위가 N.H.W.L. 을 초과하면 이는 N.H.W.L. 로 취급한다.
- (2) 터널 도수량 계산을 위한 수위차는 Δt 始點과 終點의 시간 적분치를 취한다.
- (3) 터널도수량의 계산되면 저류방정식을 수정하고 이때 하류부 溢流量 等이 계산된다.

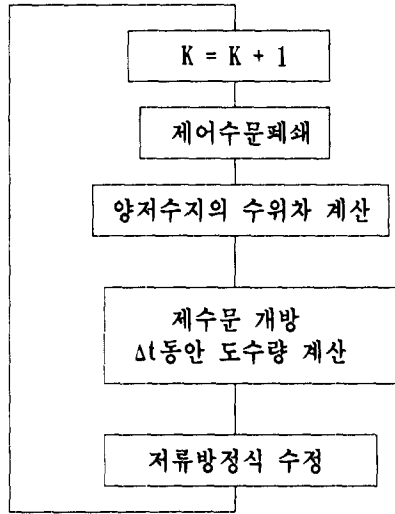


그림 3. 부정류 모의 계산

나. 계산 단위시간 결정

단위 계산시간 Δt 는 짧을수록 부정류상태로 근접되지만 貯水池 操作의 연산 시간이 늘어나는 문제가 제기된다.

본 연구에서는 역조정지의 조절기능이 24 時間인 점을 고려하여 Δt 를 최대 24 時間으로하여 각각 12 時間, 8 時間, 4 時間일 경우로 나누어 조작을 실시한 결과, 결과치에 차이가 없었다. 이것은 放流量이나 流入量이 시간 함수 이지만, 日單位로 변화되기 때문에 매우 짧은 시간 간격의 계산에 큰영향을 주지 않은 까닭도 생각할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 24 時間을 기본단위로 하여 도수터널 유량을 정상류 계산법으로 모의하였다.

4. 계산결과 및 비교 검토

위의 두가지 방법으로 주암-이사천호 연결 수로의 不定流 計算 수행하였다. 이 때 Δt 는 24 時間 이하로 계산 결과가 별로 개선되지 않으므로 재조정지의 기능을 고려 하여 $\Delta t = 24$ 시간으로 하였다. 수치 해법과 모의 계산법을 비교 하면 표1과 같다.

표 1. 두방법의 비교

구 분	단위	Runge-Kutta (A)	모의 계산 (B)	대 비 (A /B)
Run-time*	분, 초	69분 9초	29분 57초	2.33
발전량	10 ⁶ KWH/年	36.98	87.03	0.43

* PC 486 기준

20 년간 저수지 조작에 따른 양 저수지의 水位差 및 通水量은 그림 4 와 같다.
여기서 水位差는 月初 기준이고 도수량은 그 기간중에 발생 된 량 이다.

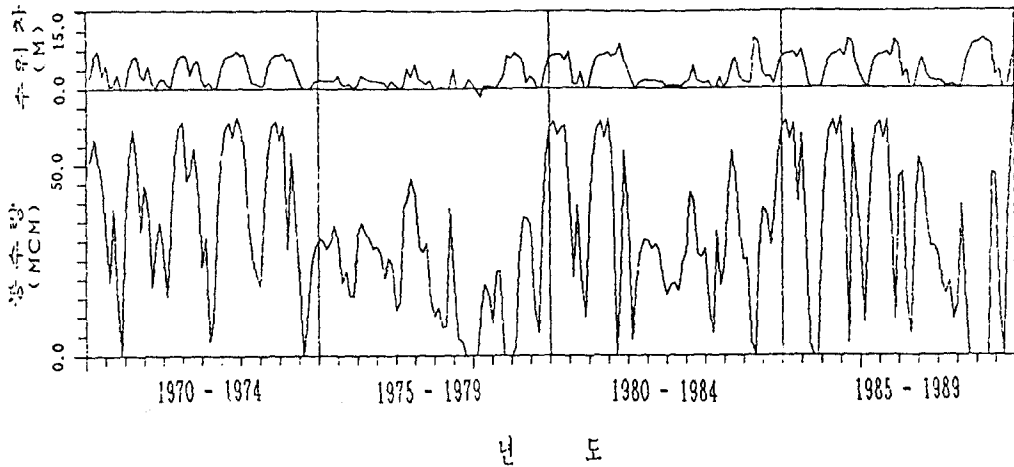


그림 4 주암-이사천호 수위차 및 통수량

5. 결 론

- (1) 貯水池와 같은 불규칙적 형상일 경우의 Runge-Kutta방법은 水位(h) 對 貯水面積(A)의 관계에 따른 오차 때문에-계산성과에 역류(-Q) 현상 등이 발생되었다.
- (2) 또한 演算時間이 모의 방법보다 우수하지 못하였다.
- (3) 표 1에서 보는 바와같이 해석적 도입방법을 도입하지 않은 한 모의 방법 이 R-K 방법보다 우수하여 이를 적용 하였다.