

# 貯水池 流入量 算定方法 改善 研究

○ 朴魯赫\* · 梁宰麟\* · 高德九\*\* · 尹在興\*\*\*

## 1. 서론

현재 다목적댐에서의 유입량 산정방법은 댐에서의 방류량과 저수지 수위의 변화에 따른 저류량의 차로써 산정되고 있다. 저수지 수위의 측정오차에 대한 민감도가 너무 커서 정확한 저수지 유입량을 산정하지 못하고 있으며, 때로는 음 유입량으로 산정되고 있어 각 기관별 수문정보의 상이 및 이에 따른 혼동 등으로 저수지 운영에 애로를 겪고 있는 실정이다. 수위관측 지점이 거의 대부분이 댐체와 인접하고 있으며, 홍수파의 영향과 바람에 의한 수면마찰력에 따른 전단응력의 작용 및 선박의 운항에 따라 발생하는 파랑(Wave) 등의 요인에 따라 저수지 수위가 커다란 진폭을 발생하므로 저수지의 물수지 방정식으로부터 역산하여 도출한 유입량 역시 커다란 진폭이 발생되므로 이에 대한 평활화 처리가 필요하다. 그러므로 저수지 수위변동 방지대책 수립과 처리방안 도출을 위하여 저수지 수위를 평활화 함으로써 저수지에서의 물수지 분석을 통한 정확한 저수지 유입량 산정기법을 정립하여 이·치수시 저수지 운영의 효율성을 제고하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 2. 유입량 산정 현황 및 문제점

### 2.1. 저수지 수위관측

댐시설 유지관리기준 (1994, 12)에 의하면 저수지 수위 관측의 목적을 “저수지 수위는 댐의 안전도는 물론, 저수지 조작과 수문분석의 기본자료이므로 관측 계획에 따라 정밀하게 지속적으로 조사하여야 한다”고 정의하였다. 현재 다목적댐의 저수지 수위계는 콘크리트 댐의 경우 분댐 제체에 설치되어 있으며, 사력댐의 경우 발전을 위한 취수탑에 부착하여 저수지 수위를 관측하고 있는 상황이다. 수위계의 형식은 거의 대부분이 부자식 형태로서 관측하는 형식이 주종을 이루고 있다. 저수지 수위계의 설치기준에 따라서 수위계의 위치는 바람이나 순시선 운영에 따른 파랑의 영향이 적어야 하고 여수로 방류, 발전 또는 용수 공급

\* 한국수자원공사 수자원연구소 연구원

\*\* 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

\*\*\* 한국수자원공사 수자원연구소 책임연구원

을 위한 취수로 발생하는 수위 저하의 영향을 받지 않아야 하지만, 수위계가 댐체 및 취수탑에 설치되어 있어 발전과 여수로 방류에 의한 영향을 직·간접적으로 받고 있다. 건설 및 계획중인 다목적댐은 밀양, 횡성, 영월, 용담, 남강, 탐진 등 6개 댐이며, 이들 댐 대부분은 중소규모의 댐들이다. 이들 댐의 저수지 수위계 설치 현황을 살펴보면 수위계의 형식은 부자식이 주종을 이루고 있으며, 설치 위치는 기존댐과 마찬가지로 취수탑 또는 도수로 입구부에 설치하도록 계획되어 있어, 수위관측에 있어서 수문개폐에 따른 급격한 수위의 변동 영향을 받을 우려가 높다.

저수지 수위 변동에 따른 문제점은 물수지방정식을 이용하여 저수지 유입량을 산정하고 있는 상황에서 방류량 (사용수량, 여수로방류량, 상류취수량)과 저수지 수위변동에 따른 저류용량의 변화로부터 유입량을 계산하기 때문에 저수지 수위의 정밀한 관측여부에 따라 유입량의 계산 값이 크게 변동된다는 점이다. 즉 충주댐의 경우 저수지의 수위 1 cm에 해당하는 저류용량은 평균 650,000 m<sup>3</sup>이 되므로, 이를 초당 유량으로 환산하면 180 m<sup>3</sup>/sec가 되어 유입량이 작게되는 비홍수시에 유입량을 산정하면 미세한 저수지 수위의 변화에도 큰 차이를 유발하게된다. 그렇지만 저수지에서의 물 (Water Body)은 다양한 힘 즉 바람, 선박운항, 발전방류, 여수로방류, Corrioli's 힘, 달의 인력 등의 작용으로 정수면을 유지하지 못하는 불안정한 상태를 반복하기 때문에 정밀한 저수지 수위를 관측한다는 것은 현실적으로 어려운 실정이다. 따라서 가능한 한 저수지의 수위가 정수면으로 가정하여 유입량 계산이 가능하도록 하기 위한 일련의 노력들이 필요하다. 또한 저수지 수위관측 오차를 유발하는 원인중의 하나로서 관측지점의 부적절을 지적할 수 있다. 앞 절에서 언급된 바와 같이 우리나라에 설치된 대부분의 수위계의 관측지점이 수위관측의 목적에 의해서 지점 선정이 되지 못하고, 다른 목적을 위한 구조물에 부착하여 설치됨에 따라서 수위관측 지점으로서 부적합한 지점을 선정함에 따른 관측오차를 유발시키고 있는 실정이다. 수위관측의 고유한 목적을 달성하기 위해서는 수위관측 지점의 선정시 신중한 고려를 하여 정밀한 수위관측이 가능한 최상의 입지조건을 갖추고 있는 지점을 선정하는 노력이 필요하다.

## 2.2 유입량 산정

저수지 유입량의 산정 방법에는 일반적으로 다음과 같은 두 가지 방법으로 가능하다. 첫 번째 방법으로는 저수지 수위 변동과 댐 방류량을 이용하여 산정하는 방법이 되겠으며, 두 번째로는 저수지로 유입하는 저수지 직상류부 하천의 유량 측정치로부터 추정하는 방법이다. 현재 우리 나라에서는 식(1)과 같은 첫 번째 방법을 채택하여 홍수기 홍수조절을 위한 저수지 운영시 유입량 산정에 활용하고 있다 (한국수자원공사, 1993).

$$Q_i(t) = \{ S(t) - S(t-1) \} + \left\{ \frac{Q_o(t) + O_o(t-1)}{2} \right\} \times 3600 \quad (1)$$

여기서,  $Q_i(t)$ : 현재시간 계산 저수지 유입량 (m<sup>3</sup>/hr)

$S(t)$ : 현재시각 저수지수위에 의해 환산된 저수량 (m<sup>3</sup>/hr)

$S(t-1)$  : 전 시각 저수지수위에 의해 환산된 저수량 (m<sup>3</sup>/hr)

$Q_o(t)$  : 현재시간의 댐 방류량(발전 + 여수로) (m<sup>3</sup>/sec)

$Q_o(t-1)$  : 전시간의 댐 방류량(발전 + 여수로) (m<sup>3</sup>/sec)

저수지로 유입하는 하천유량 측정치로부터 추정하는 방법은 식(2)와 같이 저수지와 가까운 상류의 배수위 영향을 받지 않는 위치에 설치된 수위표에서 실측된 수위에 해당하는 유량에 보정계수를 곱하여 저수지 유입량을 산정하는 방법이다.

$$I_{reservoir} = \alpha Q_{상류 수위관측소 유량} + C \quad (2)$$

이때 보정계수  $\alpha$ 와 C는 상류의 수위표에서 관측된 수위에 해당하는 유량과 댐지점 유입량 자료와의 상관관계를 평소에 분석하여 미리 결정해 두어야 한다.

저수지 유입량은 저수지수위의 변화에 따른 민감도가 크게 발생된다. 정확한 유입량을 산정하는데 있어서 문제점으로 지적되고 있는 사항은 저수지 수위의 변동 (Fluctuation)에 따른 유입량의 큰 진폭 발생을 들 수 있다. 유입량의 큰 진폭발생 원인은 먼저, 유입량 산정 방법이 저수지 수위를 기준으로 하기 때문에 지속적으로 변동하고 있는 저수지 수위의 기복 (Fluctuation)에 따른 대표 저수지 수위를 결정하기가 어렵다는 점이다. 따라서 저수지의 대표 수위를 결정하기 위한 적절한 방법 모색이 필요하다. 두 번째로는 댐데이터 처리시 저수지 수위, 발전 및 여수로 방류량에 대한 시간적 간격을 고려한 적절한 자료처리 방법의 강구 등을 들 수 있다.

### 3. 개선방안

#### 3.1 구조적 대책

저수지 수위계의 설치 위치에 대한 근본적인 재검토를 통하여 댐시설물 관리기준에서 명시되어 있는 것과 같은 수준으로 맞추고 건설댐의 저수지 수위계에 대하여 수위계의 위치에 대한 적정성 검토를 실시하여 문제점이 사전에 방지되도록 필요한 조치를 취하여야 할 것이다. 저수지 수면이 쉬지 않고 변동을 하고 있으며, 저수면적 또한 매우 넓고 길어서 수표면의 종단 및 횡단적 경사도 발생하기 때문에 이들에 대한 적절한 대표성을 갖는 수위의 도출이 절실하다. 따라서 현재와 같은 단일 지점의 관측이 아니라 저수지 구역내의 여러 지점에서 복수의 수위관측을 수행하여 저수지의 대표 수위를 구하여야 할 것이다. 수위계의 구조적인 측면에서 저수지 수체의 기복을 측정하기 위해서는 관측순간에 수면의 상태를 정수면으로 만들어 주어야 하므로 수위계는 정수정을 포함하고 있어야 한다. 수위가 급변하는 기간 중 수위계 정수정내의 수위는 취수구 시스템의 수두손실과 요동에 등의 영향으로 인하여 정수정 지면 또는 수위저하 현상이 유발될 수 있다. 정수정 지면은 주어진 수위 변동율에 대하여 도수관 개수의 제공과는 반비례하고, 정수정 단면적과 도수관 단면적 비의 제공에

대해서는 정비례하므로 수위계에 대한 설계에 도움을 주기 위하여 정수정 지연 ( $h_L$ )대 수위 변동율 ( $\frac{\Delta h}{\Delta t}$ ), 정수정 지연 ( $h_L$ )대 정수정 단면적 (A), 정수정 지연 ( $h_L$ )대 도수관 단면적 (a)간의 다른 값들의 상관 분석을 통하여 정수정 지연 또는 수위저하 현상을 최소화하는 노력이 필요하다. 아울러 파랑진정관 설치, 정수정의 이중화 구조 등 수위계의 파랑진정 기구의 설치도 강구하여야 할 것이다.

### 3.2 비구조적 대책

저수지 수위의 파동현상은 완만하게 변화하는 수위 성분에 잡파인 파동 현상이 얹혀있는 것으로 취급할 수 있다. 원래의 신호인 완만한 변화과를 얻기 위해서는 신호 처리기법의 적용이 필요하다. 신호처리 이론상 처음 제로 점에서 Filtering을 하면 전달하고자 하는 신호의 대부분이 전달된다고 한다. 저수지 수위를 신호처리 하고자 하는 목적이 자주 교번적으로 발생하는 저수지 수위의 변화를 저지하고자 하는 것이므로 2시간 주기보다 더 짧게 나타나는 성분들은 Low Pass Filter를 통하여 제거한다면 30분 성분을 포함하고 있는 파동들은 평활해 질 것이다. 또한 이동평균 기법을 이용하여 시시각각으로 변화되는 수위를 평활화 시켜서 유입량을 산정 할 수 있다.

## 4. 적용

### 4.1 수위 및 방류량 자료 취득

대상 댐을 충주댐으로 선정하였다. 기존의 본댐 수위계와 함께 지난 1995년도에 수위계의 개발을 위하여 설치된바 있었던 음과수위계를 복원하여 본 연구를 수행하였다. 그림 1과 같이 충주댐 본댐지점 (이하 본댐), 본댐 상류+850 m지점 (이하 우안), 및 월악산 입구의 월악교 하단 지점 (이하 월악)의 수위계를 이용하여, 저수지 수위를 관측하였다. 복원 설치된 음과 수위계의 데이터 관측주기는 5분 간격으로 하였으며, 컨트롤러의 데이터 저장용량이 10,000개 이어서 월 1회 Notebook 컴퓨터로 데이터를 Backup 하였다.

본댐 저수지 수위의 변동 특성과 방류량의 변화 특성에 따른 유입량의 변화를 파악하기 위해서는 시간 구간이 짧은 자료 (1분 또는 5분)가 필요하므로 이들 수위 및 방류량 자료를 그림 2와 같이 한국수자원공사의 실시간 물관리 시스템 서버로부터 취득하였다.

### 4.2 수위, 유입량 분석 및 고찰

저수지 수위의 분석은 본댐, 우안 및 월악 수위에 대하여 발전, 강우, 선박운항 등의 조건에 따른 수위변동 특성을 파악하는 것으로 가능하다. 충주호에서는 저수지 관리를 위한 행정선의 운항과 관광을 위한 유람선의 운항이 이루어지고 있다. 본댐과 우안 수위관측에

영향을 주는 선박은 행정선이 되며, 월악 수위관측에 영향을 주는 것은 충주호 선착장에서 월악나루터를 운항하는 유람선이다. 이용된 수위관측 기록은 '98년 11월 9일에서 13일까지, '98년 11월 24일에서 30일까지에 대한 자료들이다. 월악 지점에서 관측된 수위를 분석해 보면 유람선 자체에 의해서만 발생하는 파랑과 동시에 발전 방류를 하고 있는 경우에는 발전 방류로 인한 수위의 변동이 함께 나타나는 것으로 파악되었다. 발전방류와 유람선 운항이 중복된 경우와 유람선의 운항에 의해서만 발생된 수위 변동은 그림 3과 같다. 발전 방류에 의한 수위의 변동 특성은 발전 개시와 종료시에 발전 차단기의 작동에 의하여 영향을 받는 것으로 그림 4와 같이 분석되었다. 실시간 물관리 시스템에서 1분 간격으로 취득한 방류량 자료를 토대로 검토한 결과 최대 6 cm에서 작게는 1 cm까지 변동하였으며 특히 제1호 발전기의 개폐에 의한 영향이 가장 크게 발생하였다.

기존의 저수지 유입량 산정 방법에 있어서의 문제점은 앞장에서 지적한 바와 같이 시간별 방류량은 전 시간의 59분 순시값을 활용하고 있어서 실제적인 방류 상황을 반영하지 못하는 점, 저수지 수위 역시 방류량과 마찬가지로 정시의 순시 값을 활용하고 있어 1시간 동안 저수지 수면의 변동 상황을 반영하지 못하는 점 및 저수지 운영 프로그램의 유입량 산정 부프로그램내에서 유입량 계산식의 잘못 등이다. 유입량의 분석은 기존의 산정방법과 이의 문제점을 개선한 방법을 각각 적용하여 비교하였다. 기존의 유입량 산정방법에서 도출된 문제점을 개선시키기 위하여 한국수자원공사의 실시간 물관리 시스템에서 제공하는 5분 간격 LOG파일로부터 저수지 수위와 방류량을 취득하여 저수지 수위를 1시간 이동평균 시키고, 방류량은 1시간 평균하여 매 시간 방류량을 산정하여 유입량을 구한 결과 그림 5, 그림 6과 같았다. 이상에서와 같이 기존의 유입량 산정방법 개선을 통하여 유입량의 진폭을 상당히 줄일 수 있었으며, 방류량의 양적 크기에 있어서는 방류개시 시점과 방류중단 시점의 변동으로 유입량의 진폭을 줄이는데 기여를 하였으나 아직도 완전한 유입량 평활화에는 부족하다. 향후의 연구에서는 다중 관측 수위를 이용한 대표 저수지 수위와 필터링을 적용한 유입량의 평활화를 도모하여야 할 것이다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 저수지 수위관측 현 실태를 분석하였고, 유입량 산정 방법상의 문제점을 도출하여 이에 대한 구조적, 비구조적 대책 방안을 검토하였다. 충주댐 저수지에 음파수위계 2대를 복원 설치하여 기존의 본댐 수위계와 함께 3대의 수위계를 이용하여 저수지 수위의 변화와 유입량의 변화특성을 분석하였으며, 1998년 11월 9일부터 11월 30일까지의 수문관측 자료를 이용하여 저수지 유입량 평활화를 수행하였다. 부분적으로 유입량의 평활화를 얻을 수 있었으나, 완전한 유입량의 평활화는 이루어지지 않은 것으로 여겨지며, 향후 연구에서는 복수 수위관측에 의한 대표저수지수위 산정 활용과 관측 수위의 평활화를 통하여 저수지 유입량 산정기법을 정립할 계획이다.

