

댐 유입량 산정 개선의 한미 사례 비교 연구

Comparison Study on Korean and American Case for Improving Calculation of Dam Inflow

노재경¹⁾, 이한구²⁾, 이태삼³⁾
Jaekyoung Noh, Hangoo Lee, Taesam Lee

요 지

댐 유입량은 댐 운영의 필수 인자이기 때문에 매우 중요하고, 하천유량에 비해 신뢰도가 높은 것으로 평가되고 있기 때문에 수자원의 운영 뿐 아니라 계획에도 활용되고 있다. 그러나 계산된 유입량은 평균수기에 진폭이 너무 크게 나타나고 심지어 음 유입량이 발생하는 등 개선이 요구돼 왔다.

본 연구에서는 시간간격을 10분, 30분, 1시간 등으로 하고, 수위와 방류량이 유입량에 직접 영향을 끼치고, 관측수위의 단위가 크고, 그 진폭이 자연현상과 거리가 있어, 수위 이동평균, 수위 보간, 방류량 이동평균 등의 조합에 따라 댐 유입량의 계산을 개선할 수 있는 방법을 제안하였고, 이를 쉽게 분석, 평가할 수 있도록 시스템으로 개발하였으며, 유역면적 4,134km²인 대청댐과 유역면적 108,335mi²인 미국의 Lake Powell의 사례에서 크게 개선된 결과를 보여주었다. 그러나 정확하게 측정된 댐 유입량 자료가 없기 때문에 개선된 계산 유입량이 참 값이다 주장할 수 없는 것이 본 연구의 한계이며, 연구결과의 신뢰를 높이기 위해 현재 정밀하게 측정된 댐 유입량 사례를 조사 중에 있다.

그림 1은 Lake Powell의 처리전의 댐 유입량 계산 예이고 그림 2는 처리후의 개선된 유입량이다. 그림에서 유입량이 크게 개선돼 계산된 것으로 나타나고 있으나 결과가 참값인지 아직 판단할 수 없다. 대청댐의 경우도 이와 비슷한 결과를 보여주었다.

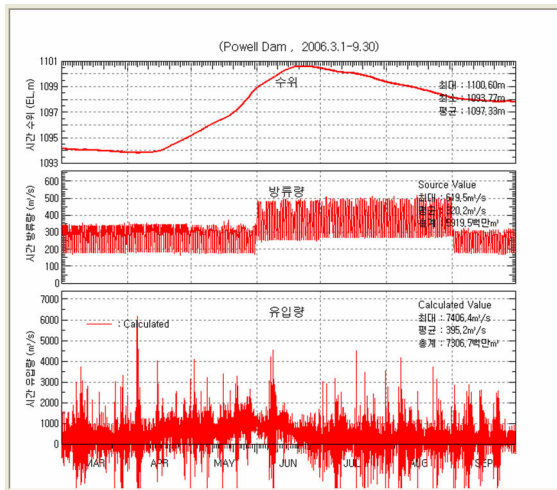


그림 1. Lake Powell 댐 유입량 계산 예 (처리전)

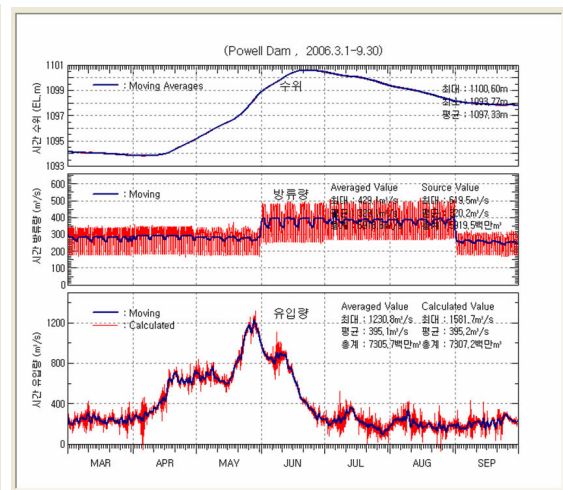


그림 2. Lake Powell 댐 유입량 계산 예 (처리후)

핵심용어 : 수위보간, 수위이동평균, 방류량 이동평균, 댐 유입량

- 1) 정희원 · 충남대학교 지역환경토목과 교수 · E-mail : jknoh@cnu.ac.kr
- 2) 정희원 · 한국수자원공사 물관리센터 차장 · E-mail : hglee@kwater.or.kr
- 3) 정희원 · Colorado State University 연구원 · E-mail : tae3lee@gmail.com

1. 서론

댐 유입량은 저류량 변화에 평균방류량을 더해 계산되는데 댐의 저수면적이 넓기 때문에 측정단위 1cm로 인한 저수량 변화는 매우 큰 값을 나타낸다. 따라서 계산된 댐 유입량은 큰 진폭을 나타내고 있다. 이는 기술적 문제라기 보다는 자연적인 것으로 보아야 하며, 우리나라(<http://www.wamis.go.kr>), 미국(<http://www.usbr.gov/gp/hydromet/inflow.chm>) 등에서 관찰할 수 있다.

박노혁 등(1999)은 충주댐의 유입량 개선을 위해 홍수기에는 유입량의 이동평균, 역방향 이동 및 예측자-수정자 방법을, 비홍수기에는 저수량 변화를 상류 영춘 지점의 수문곡선 분포로 배분하는 방법을 제안하였다.

노재경·신사철(2003)은 수위변화는 유입량의 진폭을 크게 발생시키고, 방류량 변화는 유입량의 진폭을 작게 발생시킨다고 하였으며, 이의 개선 방안으로 수위 보간과 방류량 이동 평균에 의해 유입량 진폭을 상당 부분 제거시킬 수 있다고 하였다.

댐 운영, 수문관측 조건이 다양하여 계산된 유입량의 진폭은 댐별로 매우 다양하게 나타난다. 본 연구에서는 많은 댐의 유입량 계산에 적용할 수 있고 유입량 진폭을 효율적으로 소거할 수 있도록 있는 시스템을 갖추고 한국, 미국의 댐에 적용하여 결과를 살펴보고자 하였다.

2. 댐 유입량 산정 방법 개선

2.1 기존 방법

댐 유입량은 다음 식과 같이 현재, 10분, 30분, 1시간 정시 유입량으로 산정되고 있으며, <http://www.wamis.go.kr> 의 서버에는 1시간 자료가 저장되고 있으며, 음 유입량은 0으로 처리되고 있다. 미국의 경우는 <http://www.usbr.gov/gp/hydromet/inflow.chm>에서 보는 바와 같이 15분 단위로 계산되며, 음 유입량은 0으로 처리하지 않고 산정된 그대로 나타내고 있다.

$$\text{현재 유입량 (CMS)} = \left(\frac{[\text{현재 저수량} - 60\text{분전 저수량}] \times 10^6}{60 \times 60} \right) + 60\text{분 동안의 평균방류량} \quad (1)$$

$$\text{10분 정시유입량 (CMS)} = \left(\frac{[\text{현재 10분 저수량} - 30\text{분전 저수량}] \times 10^6}{60 \times 30} \right) + 30\text{분 동안의 평균방류량} \quad (2)$$

$$\text{30분 정시유입량 (CMS)} = \left(\frac{[\text{현재 30분 저수량} - 30\text{분전 저수량}] \times 10^6}{60 \times 30} \right) + 30\text{분 동안 평균방류량} \quad (3)$$

$$\text{1시간 정시유입량 (CMS)} = \left(\frac{[\text{현재 00분 저수량} - 1\text{시간전 저수량}] \times 10^6}{60 \times 60} \right) + 1\text{시간 평균방류량} \quad (4)$$

2.2 개선 방법

노재경·신사철(2003)은 댐 수위의 관측이 1cm 단위로 이뤄지나 실제로는 1mm 단위 이하로 연속되는 것이라 판단하여 보간에 의해 댐 수위를 가공하고, 침투발전에 의한 방류량이 계산된 댐 유입량의 진폭에 직

접 영향을 미치지 않지만 실제 유입량은 진폭이 없을 것으로 보아 방류량을 이동평균에 의해 가공하여 식(4)에 적용하여 유입량을 계산하는 방법을 제안하였다. 한편 미국 자료를 살펴 본 결과 관측수위가 소수점 이하 2자리의 ft 단위로 관측되고 있어, 이로부터는 수위 보간의 효과가 없는 것으로 나타나 수위를 이동평균하는 방법을 추가하였으며, 우리의 경우에도 효과가 있는 것으로 나타났다.

따라서 그림 3과 같이 비주얼베이직 6.0의 폼 하나에 10분, 30분, 1시간, 1일 단위로 수위 보간, 수위 이동평균, 방류량 이동평균 등의 조합에 따라 원하는 기간 동안 댐 유입량을 쉽게 산정할 수 있는 시스템을 개발하여 댐 유입량 산정의 개선 효과를 살펴보는 것으로 하였다.

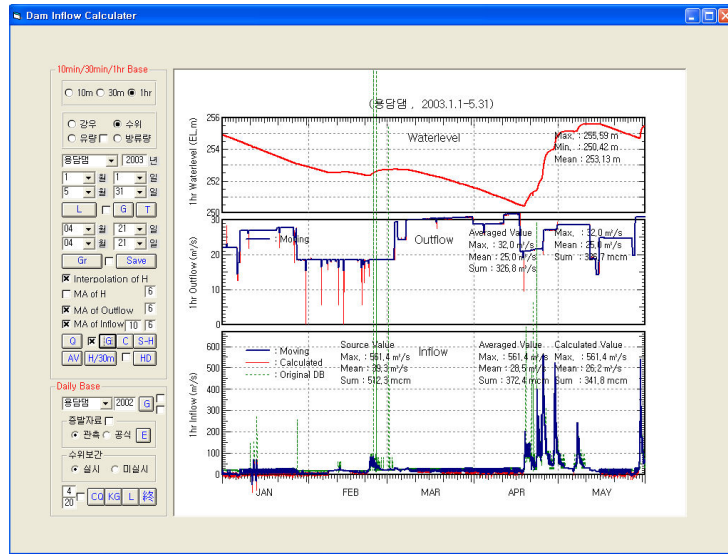


그림 3. 댐 유입량 산정 시스템 구성

3. 개선 방법의 한미 사례 적용

3.1 적용 댐 및 적용 방법

유역면적 4,134km², 총저수량 14.9억m³인 금강수계의 대청댐과 유역면적 280,587km², 총저수량 333억m³인 미국의 콜로라도강 중하류부의 Glen Canyon 댐인 Lake Powell 을 선정하여 수위 보간, 수위 이동평균, 방류량 이동평균 등의 조합에 따른 1시간 간격의 댐 유입량 계산 결과를 살펴보는 것으로 하였다.

3.2 적용 결과 및 고찰

3.3.1 대청댐

2004년 4월부터 9월까지 시간별 유입량을 무처리, 수위 보간, 수위 이동평균, 수위 이동평균과 방류량 이동평균의 처리에 따라 산정하였으며, 무처리인 경우와 수위 이동평균과 방류량 이동평균 처리한 경우의 결과는 각각 그림 4, 5와 같다. 이 때 수위는 6시간 이동평균, 방류량은 24시간 이동평균하였다. 처리 전에 비해 처리 후의 결과가 평수기에서 유입량의 진폭이 적게 나타났다. 침투 유량 부분에서 처리 후의 결과가 처리 전에 비해 낮게 나타나는 부분이 있어 침투 유량 부분에서는 수위 이동평균에 의한 방법은 자료를 작게 왜곡시키는 것으로 나타났다.

유입량 진폭은 홍수기 보다는 평수기에서 크게 나타나기 때문에 4월부터 5월까지 분석을 다시 하였으며 결과는 그림 6, 7과 같다. 이 때 수위는 24시간 이동평균, 방류량은 24시간 이동평균하였다. 처리 전에 비해 처리 후의 결과가 유입량의 진폭을 상당 부분 줄여주는 것으로 나타났을 뿐만아니라 산정된 유입량의 변화 패턴을 분명하게 나타내 주었다. 한편 수위 보간에 의한 결과는 유입량 변화 패턴이 거의 없는 것으로 나타났다. 수위 이동평균의 시간은 6, 12, 24, 48시간을 비교하였으며 24시간의 경우가 가장 양호하였다. 따라서

평수기에서는 24시간의 수위 이동평균과 방류량 이동평균에 의한 결과가 가장 우수한 것으로 나타났다.

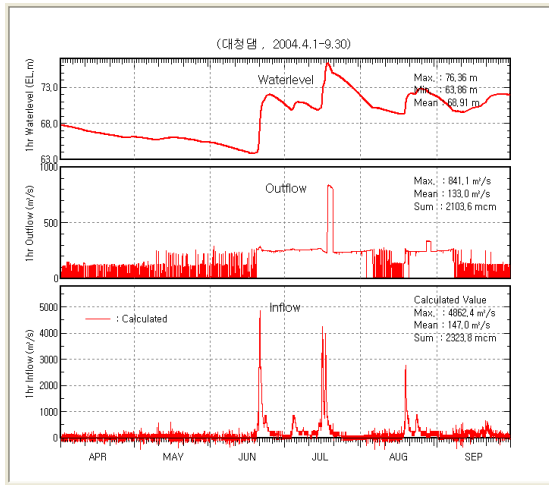


그림 4 대청댐 시간 유입량 산정 예 (무처리)

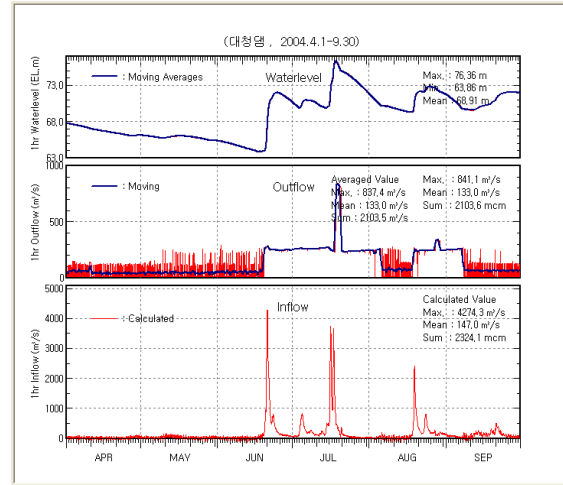


그림 5 대청댐 시간 유입량 산정 예 (수위 이동평균+방류량 이동평균)

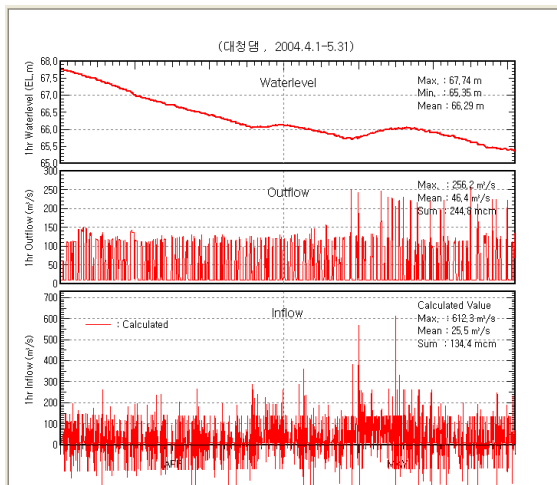


그림 6 평수기 대청댐 시간 유입량 산정 예 (무처리)

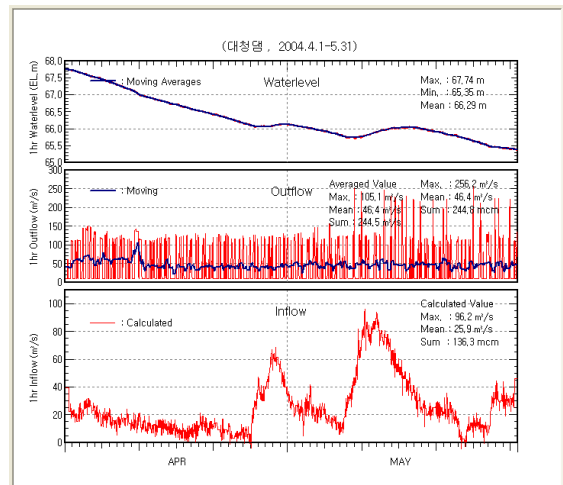


그림 7 평수기 대청댐 시간 유입량 산정 예 (수위 이동평균+방류량 이동평균)

3.3.1 Lake Powell

2005년 1월부터 12월까지 시간별로 댐 유입량을 산정하였으며, 무처리, 수위 이동평균, 방류량 이동평균, 수위 이동평균과 방류량 이동평균 등 처리에 따른 결과는 각각 그림 8, 9, 10, 11과 같다. 처리 후의 경우가 처리 전에 비해 유입량의 변화 패턴이 뚜렷하게 나타났으며, 방류량 이동평균 보다는 수위 이동평균이 보다 뚜렷하였으며, 수위 이동평균과 방류량 이동평균을 조합한 경우가 가장 뚜렷하였다. 이 때 수위는 24시간 이동평균, 방류량은 24시간 이동평균하였다.

총 저수량이 소양강댐의 11.5배이며, 만수위 EL.3,700 ft일 때 저수면적이 650.7km²로 소양강댐의 만수면적 70.0km²의 9배 이상으로 매우 넓어 산정된 유입량은 진폭이 크게 나타나고 있다. 또한 수위 변화가 우리 보다는 심하지 않기 때문에 본 연구에서 제안한 방법에 의한 개선 효과는 크게 나타나는 것으로 판단하였다.

종합하면 우리나라의 사례와 미국의 사례에서 분석한 결과로부터 본 연구에서 제시한 방법이 댐 유입량 산정 결과를 개선시킬 수 있다고 할 수 있다. 그러나 좀 더 많은 사례에 적용할 필요가 있으며 객관적인 검

증 절차가 철저히 요구되며, 이로부터 방법론의 구체화와 실용화가 필요하다.

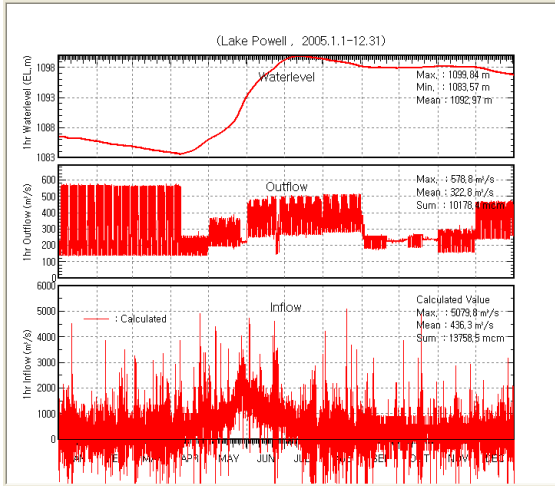


그림 8 Lake Powell 시간 유입량 산정 예 (무처리)

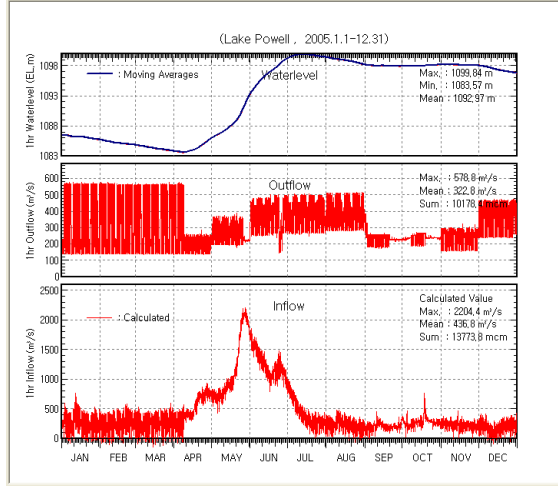


그림 9 Lake Powell 시간 유입량 산정 예 (수위 이동평균)

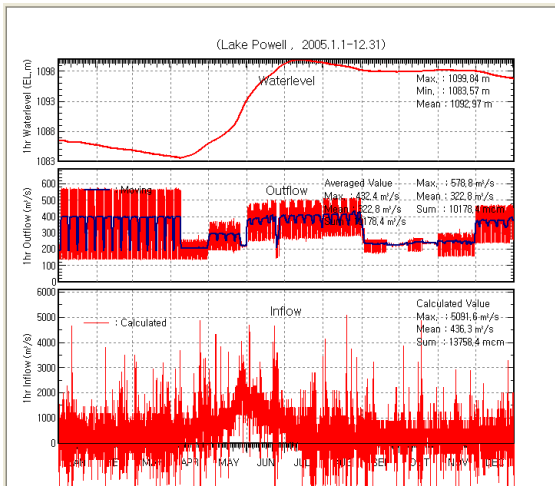


그림 10 Lake Powell 시간 유입량 산정 예 (방류량 이동평균)

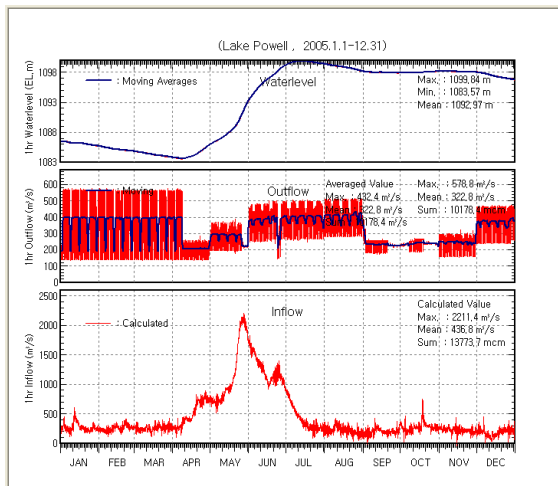


그림 11 Lake Powell 시간 유입량 산정 예 (수위 이동평균+방류량 이동평균)

4. 결 론

보간과 이동평균에 의해 수위와 방류량 자료를 처리하여 댐 유입량을 산정한 결과 그림을 통해 살펴 본 바와 같이 분명하게 개선돼 나타났다. 그러나 관측 유입량이 없기 때문에 다른 검증 절차가 필요한 것으로 판단하고 있다.

참고문헌

1. 건설부(1994). 댐시설 유지관리 기준.
2. 노재경·신사철(2003). 수위 보간과 방류량 이동평균에 의한 다목적댐 유입량 산정 방법 개선, 한국수자원학회 학술발표회 논문집.

3. 박노혁·양재린·윤재홍(1999). 저수지 유입량 산정방법 개선, 한국수자원공사.