



다목적댐의 물 공급 안전도 계산 방식의 문제



이 상 호
부경대학교 건설공학부 교수
peterlee@pknu.ac.kr

1. 서론

현재 댐과 관련하여 물 공급 안전도를 부여하는 절차를 예로 들면, 20년 유출 자료로 댐을 모의 운영하여 1개년의 물 부족이 발생할 때의 안전도는 $(1 - 1/20) = 0.950$ 라고 제시하기도 하고, 20년을 73개 순(10일)으로 구분하여 분석한 후, 3개 순(약 1개월)의 물 부족이 발생하는 경우 안전도가 $(1 - 3/73) = 0.959$ 라고 제시하기도 한다. 즉, 연, 월, 순의 단위기간을 임의로 정하고, 물 부족이 일어난 단위기간의 횟수를 단위기간의 전체 개수로 나누어 그 값을 1에서 빼으로써 물 공급 안전도를 나타내고 있다(식 (1)).

$$1 - \frac{\text{단위기간의 물 부족 횟수}}{\text{전체 단위기간의 개수}} \quad (1)$$

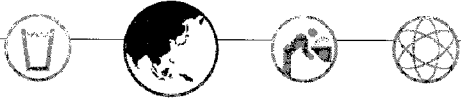
이러한 계산방법은 임의성을 가지고 있어서 개선의 필요성이 있다. 즉, 물 부족 분석 단위기간을 연(年)이나, 월, 순으로 임의로 정함으로써 그에 따라 물 공급 안전도의 수치가 달라진다. 예를 들면, 20년

표 1. 물 부족 분석 단위기간의 변화에 따른 물 공급 안전도 변화

단위기간	20년의 단위기간 개수	4개월 연속 물 부족이 발생하는 경우의, 물 부족 단위기간 횟수	물 공급 안전도
연	20	1	0.950
월	240	4	0.983
순	730	12	0.984

자료를 사용하여 어느 한 해에 2월부터 5월까지 4개월 동안 연속으로 물 공급 부족이 일어난 경우의 물 공급 안전도는 단위기간을 연, 월, 순으로 함에 따라 각각 0.950, 0.983, 0.984로 증가한다(표 1). 달리 표현하면 물 공급 안전도 수치를 정해 놓고 물 공급량을 계산하면 분석 단위기간을 연, 월, 순으로 줄임에 따라 물 공급량이 점점 커지게 된다. 이것이 현재 사용하는 물 공급 안전도의 가장 큰 문제이다.

현재의 물 공급 안전도 계산 방식은 물 부족의 분석 단위에 따라 결과 수치가 달라지므로 이를 대처할 다른 계산 방법이 필요하다. 한 가지 대안이 될 수 있는 것은 하나의 시계열을 사용한 확정론적 저수지 운영을 적용하는 경우에 '보장공급량'을 사용하는 것이다. 먼저 외국의 물 공급 안전도 관련 용어와 우리나라 기존 댐의 물 공급 안전도를 살펴보고 보장공급량 개념을 논의하고자 한다. 이후 내용의 상당부분은 이상호와 강태욱(2006)의 논문에서 발췌한 것이다.



2. 물 공급 안전도와 관련된 외국의 용어

미국의 경우, 저수지에 의해 물을 공급할 때 안전 유출량(safe yield) 또는 보장 공급량(firm yield)이라는 용어를 주로 사용하여 왔다. 보장 공급량은 유입량 등의 장기간 입력자료에 대하여 여러 가지 제약조건 아래서 저수지 모의운영이나 저수지 최적운영을 통하여 결정된다. Grigg(1996)는 보장 공급량을 다음과 같이 정의하였다. “보장 공급량이란 50년에서 100년의 계획기간에 대하여 물 공급 체계로부터 물 부족이 없이 공급할 수 있는 최대의 유량이다. 이는 통계적으로 기대되는 값이며 공급의 시간 단위는 일, 월 또는 연 등이다.”

최근에 캘리포니아에서는, 1987~1992년 사이의 가뭄을 겪으면서 물 공급 계획을 수립할 때 두 가지 기준을 사용하고 있다. 하나는 1922~1994년의 73년 유출량 자료이고, 다른 하나는 1990~1991년 기간의 갈수이다. 1990~1991년 기간의 갈수는 재현기간이 약 20년에 해당한다. 이렇게 작은 재현기간에 대하여 물 공급 계획을 수립하는 이유는, 위의 가뭄이 주 전역에서 발생하여 많은 하부 지자체들이 이 기간을 물 공급 계획의 기준으로 삼고 있기 때문이다. 그리고 최근 기간에 대한 물 수요, 공급 자료가 잘 관리되고 있기 때문이기도 하다(California Department of Water Resources, 1998).

영국의 과거 물 관리 조직 중에서 Wessex 물관리청은 1986, 1991, 2001, 2011년에 대하여 계획 물 수요량을 추정하였다. 그리고 이에 대하여 다음과 같은 목표로 물 공급 시설을 정비해갔다.

- (1) 계획 물 수요량에 대해 재현기간 50년의 갈수에 대응 가능한 수자원을 개발함.
- (2) 1990년까지 살수와 세차를 제한하는 가뭄의 재현기간을 10~15년으로 함.

항목 (1)에서 재현기간 50년의 갈수란 매해의 발생 확률이 0.02인 갈수라는 것이고, 이에 대해서 물 공급이 원활하도록 하는 것이다. 항목 (2)는 용도에 따른 별도의 안전도이다.

일본에서 사용하는 개념은 이수계획의 안전도이고, 이는 1970년경에 사용되어지기 시작했으며 후지요시 사부로(藤吉三郎, 1971)에 의하면 다음과 같다. 댐 등의 수자원 개발시설은 하류 기준점의 유황을 평활화하여 갈수시에도 확보유량(유지유량, 기득용수, 신규용수)을 취수 가능하도록 건설된다. 이수계획의 안전도란 설정된 유량이 확보 가능한 확실성을 말한다.

일본은 이수 안전도의 지표로서 기준 갈수년을 사용하였다. 통상적인 이수안전도 개념은 과거 10년 정도의 유황을 대상으로 제1위 또는 제2위 갈수유황을 기준 갈수년도로 선정하고, 그 유황에 대하여 안전하게 공급하면 좋다고 하는 것이다.

일본에서 통상 사용하는 이수안전도는 10년 중 1위 상당의 갈수에 대한 것이다. 이러한 기술은 여러 문헌에 비슷하게 표현되어 있지만 대부분 통계적으로 명확하게 규정하고 있지 않다. 즉 위의 기술이 매해의 갈수 발생확률 0.1 또는 재현기간 10년 갈수에 대한 이수안전도를 의미하는지, 아니면 글자대로 10년 자료 중에서 1위의 갈수를 의미하는지가 명확하지 않다. 이런 모호함을 명백히 하지 않은 채, 국내에서는 1/10 이수안전도라고 사용하기도 한다.

10년 기간 중 1위 상당 갈수의 개념을 사용하면 10년 자료를 어느 것으로 사용하느냐에 따라 갈수량이 달라진다. 이 점은 당연한 것으로 후지요시 사부로(藤吉三郎, 1971)도 간단한 분석 자료까지 제시하면서 지적하고 있다. 통계적으로 보면 10년 중 제1순위 갈수 값이 1/10의 발생확률을 가지는 것이 아니다. 결국 이수계획의 안전도는 엄밀한 확률론적 개념이라고 볼 수 없고 경험적인 계획실태에 의미를 부여하고 개념화한 것

표 2. 댐의 물 공급 안전도 적용현황(건설교통부, 1999)

댐 명	준공년도	용수 공급량 (백만 m ³)	이용 자료	물 공급 안전도	참고 문헌
소양강댐	'73.12	1,213	'15~'39	36 m ³ /sec 보장 공급량	소양강다목적댐 공사지 (산업기지개발공사, 1974)
안동댐	'77.5	926	'58~'69	'67~'68년의 기준갈수량 + 예비저류량의 25 %	안동댐 공사지(건설부, 1977)
대청댐	'81.6	1,649	'58~'70	최대 갈수년에 대한 용수공급	대청댐 광역상수도 2단계 사업 타당성조사 및 기본계획 (건설교통부, 1995)
충주댐	'85.10	3,380	'66~'83	95 % 공급신뢰도 (저수지 모의운영)	충주다목적댐 공사지 (산업기지개발공사, 1986)

으로 볼 수 있다.

로 다르다. 이것은 가용자료의 보유기간이 짧은 이유도 있고, 일관된 지침이 없기 때문이기도 하다.

3. 우리나라 댐의 물 공급 안전도

우리나라의 댐 시설기준(건설부, 1993)은 물 공급 안전도에 대하여 명확히 규정하고 있지 않다. 다만 2.2.3 절의 5항에서 댐의 용수공급능력 판단을 위한 저수지 조작에 소요되는 자료 기간을 20년 이상으로 하고 있다. 자료 기간이 짧은 경우는 모의 발생시킬 것을 권장하고 있다. 농수산부(1982)의 '농지개량사업계획 설계기준: 댐편'에서는 "농업용수 보급을 위한 필요 저수량은 10년 1회 정도의 갈수를 기준으로 ...구한다."고 제시하고 있다. 이 문구는 일본의 통상적인 이수안전도 정의를 따른 것으로 보인다. 이와 같이 서로 상이한 기준 하에서 여러 댐들이 건설되거나 계획되어 왔다(표 2).


전반적으로 한국의 댐에 대한 물 공급 안전도 지표는 보장 공급량, 기준 갈수년 등이었다. 그렇지만 댐의 건설 시점마다 서로 다르게 적용되어 일관성이 없다. 가장 많은 비율을 차지하는 지표는 기준 갈수년이라고 볼 수 있는데, 이마저도 자료 사용기간이 서

4. 댐의 물 공급에 관한 보장공급량

물 공급에 관하여 서구에서 사용하는 재현기간 개념은 그 자체로서 의의를 가진다. 그러나 우리나라에서 사용하고 있는 물 공급 안전도 지표는 다양하기도 하고 모호한 면도 있다. 물 공급에 관한 여러 가지 개념 중 모호함이 없는 것은 보장공급량이다. 서구의 물 공급 안전도 관련 내용으로부터 보장공급량을 다음과 같이 정의할 수 있다. 댐의 물 공급에 관한 '보장공급량'이란 계획기간에 대하여 물 공급체계로부터 물 부족 없이 공급할 수 있는 최대의 유량이다. 현재와 같이 물 공급 안전도를 계산하지 않고 보장공급량을 사용하면, 물 부족 분석 단위 기간이 변함에 따라 안전도 수치가 달라지는 문제를 해소할 수 있다. 한편 보장 공급량을 사용하면 물 공급 부족이 일어나지 않으므로 물 부족을 허용하는 현재의 물 공급 방식보다 수자원 이용이 비효율적이라는 주장이 있을 수 있다. 그렇지만, 만일 물 공급 부족을 허용하고자



한다면 보장공급량을 정한 후, 기뭄 때 절수(節水)할 수 있는 양을 추정하여 '계획공급량'을 '보장공급량'보다 크게 선정하고 이를 '설계공급량'으로 사용할 수 있다.

현재 우리나라에서 사용하는 댐의 물 공급 안전도 계산 방식에 대하여 과학적 타당성을 입증한 사례와 문헌을 찾기 어렵다. 이를 대치할 방안을 찾는 노력이 필요하다. 

참고문헌

1. 건설교통부 (1995). 대청댐 광역상수도 2단계 사업 타당성조사 및 기본계획.
2. 건설교통부 (1999). 수자원 계획의 최적화 연구(Ⅲ).
3. 건설부 (1977). 안동댐 공사지.
4. 건설부 (1993). 댐시설기준.
5. 농수산부 (1982). 농지개량사업계획 설계기준 : 댐편.
6. 산업기지개발공사 (1974). 소양강다목적댐 공사지.
7. 산업기지개발공사 (1986). 충주다목적댐 공사지.
8. 이상호, 강태욱 (2006). “보장 공급량 분석에 의한 댐의 물 공급 안전도 평가기법 연구.” 한국수자원학회 논문집, 제39권, 5호. pp. 467-478.
9. California Department of Water Resources (1998). The California water plan update, bulletin 160-98, California.
10. Grigg, N.S. (1996). Water resources management: principle, regulation, and cases, McGraw-Hill.
11. 藤吉三郎 (1971). “利水計劃の安全度に關する二,三の考察.” 日本土木學會 論文集, 11月號, pp. 23-29.