

〈기술정보〉

洪水時 貯水池 運營 方法의 考察 (Technical ROM을 중심으로)

김 양 수*

1. 서론

홍수시 저수지의 홍수조절이 얼마나 성공적이었느냐 하는 것은 결과론적인 판단으로 예상된 강우와 홍수가 지나간 후에야 상황의 예측이 맞았는지, 댐의 대처방식이 적절했는지를 확인할 수있다. 이 때문에 홍수재해가 인재나 천재나 하고 논의될 때마다 거의 빠지지 않고 댐 운영문제가 거론된다. 요즘처럼 용수부족이 예상될 때에는 홍수시 무효방류량을 얼마나 저류했느냐가 관심의 대상이다. 그러나 장기호우로 인해 홍수피해가 발생했다면 홍수 전 댐의 空容量을 얼마나 확보했는가가 관심의 대상이 된다. 결국 다목적댐은 이수와 치수라는 상반된 목적을 절충하면서 운영 될 수 밖에 없으며, 저수지 최적운영은 그 만큼 복잡하게 된다.

홍수시 단일댐의 운영방법에 대해서는 이제까지 여러 보고서에서 검토된 바 있다. 차제에 이러한 결과들을 종합하여 홍수예경보 측면에서 저수지 운영방법의 문제점과 개선책을 살펴보는 것은 의미 있는 일일 것이다. 특히 앞으로 수문관측망이 확충되고 관측시스템이 개선된다면 성공적인 이용이 기대되는 Technical ROM(Reservoir Operation Method)에 대해 이제까지 나타난 문제점을 중심으로 살펴보기로 한다.

2. 홍수시 저수지 모의운영 방법

다목적댐의 저수지는 기본적으로 수자원관리, 홍수조절, 댐안전을 고려하여 운영되어야 한다. 특히 홍수기에는 침투홍수를 저류시켜 하류의 홍수피해를 감소시키고 갈수기의 용수부족에 대비하며 아울러 댐의 안전도 도모하여야 한다. 홍수시 저수지 운영방법에는 모의기법과 최적화기법이 있는데 모의기법은 이론이 간단하여 실제 단일 저수지운영에 많이 이용되고 있다. 모의기법에는 Technical ROM, Rigid ROM, Auto ROM, 여수로 운영곡선법, LDR(Linear Decision Rule)방법 등이 있다. Rigid ROM은 일정률-일정량 방류방식으로 유입 수문곡선을 예측하여 유입량이 최대에 도달할 때까지는 일정률로 방류하고 그 이후는 일정량으로 방류를 한다. Auto ROM은 저수위가 상시만수위 이하이면 유입 홍수량을 최대한으로 저류시키고 상시만수위에 도달하면 그 이상의 저수위 상승을 허용하지 않고 전량 방류하는 방법으로 용수의 확보와 댐의 안전을 보장해 주는 방법이다. 여수로 운영곡선법은 댐의 여수로 설계시 200년빈도 홍수를 100년빈도 홍수로, 500년빈도 홍수를 200년 빈도 홍수의 침투유량으로 감소시키기 위한 수문조작을 고려하여 저수위를 계획홍수위 이하로 조절하면서 방류하도록 하는 방법이다. LDR방법은 저수지의 저류량(S)과 방류량(O) 관계를 $O=KS+P$ 와 같은 선형관계로 가정하고 설계빈도의 홍수수문곡선에 대해 한계방류량에 대한 제약조건을 만족시키면서 홍수조절이 가능하다는 가정하에 상수 K,P를

* 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원

추정하여 저류량과 방류량 관계로부터 방류량을 결정하는 방법이다. 이중 Auto ROM, LDR방법, 그리고 여수로 운영곡선법에서는 특별히 해당홍수에 대한 유입량의 예측이 필요없고 저수위 상승에 따라 방류량을 결정하는 수문조작을 실시한다. LDR 방법과 여수로 운영곡선법은 다목적댐의 홍수시 저수지 운영방법으로 보고서상으로 자주 제시되고 있으나, 홍수조절효과가 Rigid ROM이나 Technical ROM에 비해 떨어져 저수지운영의 주된 방법으로 선정되지는 못한다. Rigid ROM과 Technical ROM은 홍수조절 효과가 뛰어난 반면 저수지 유입량의 예측이 필요하다. Rigid Rom은 표준홍수(보통 200년빈도 홍수)를 설정하고 이것으로부터 일정률을 결정하기 때문에 유입홍수의 침투발생시간만 예측하면 적용이 가능하다. 유입홍수의 침투발생시간은 상류의 수위표지점의 유출 수문곡선이나 유역내 측정된 강우량으로부터 예측이 어렵지 않다. 그러나 Technical ROM은 완전한 유입수문곡선을 예측해야 하기 때문에 유입량 예측이 확실치 않으면 적용이 어렵다.

3. Technical ROM의 적용상의 문제점

3.1 Technical ROM의 이론

Technical ROM에서는 예측되는 저수지 유입홍수 수문곡선을 기초로 홍수 조절용량을 최대한 활용하도록 운영한다. 유입 홍수수문곡선의 예측은 저수지 유역에 내리는 강우로부터 유출계산에 의해 이루어지며 방류량을 아래와 같이 결정한다.

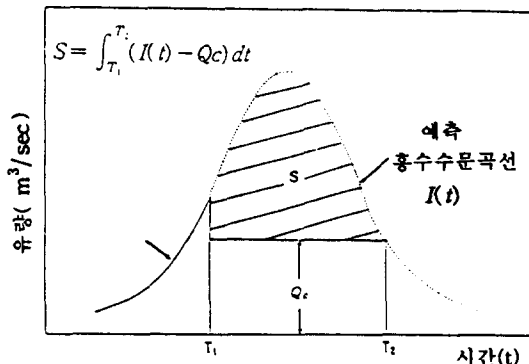


그림 1 Technical ROM에 의한 저수지 운영

위 그림에서 유입수문곡선의 빗금친 부분의 능가 유입량(S)이 저수지의 홍수조절을 위한 활용 공간과 같도록 일정방류량(Qc)을 결정한다.

3.2 Technical ROM의 적용시 나타난 문제점의 분석

충주다목적댐 건설에 따른 한강홍수예경보프로그램개선(건설부, 한강홍수통제소, 1985), 금강홍수예경보 프로그램개발(건설부, 한강홍수통제소, 1989), 합천 및 임하댐건설에 따른 낙동강홍수예경보 프로그램 개선(건설부, 낙동강홍수통제소, 1994) 보고서에 나타난 Technical ROM의 문제점을 정리하면 다음과 같다.

가. 일정방류 종료시간(T2)의 명확한 결정방법이 없다.

Technical ROM의 방류종료시간에 대한 체계적인 결정방법을 제시한 연구결과는 찾기가 어렵다. 한강홍수예경보프로그램개선 보고서의 소양강댐 조작방안에서는 유입량이 指定流量과 같아지는 시간을 일정방류 종료시간으로 가정한 바 있다. T2가 길어지면 상대적으로 일정방류량(Qc)이 작아지며, T2가 짧아지면 일정방류량은 커진다.

나. 홍수시작후 얼마 동안은 댐 수위가 낮은 이유로 일정방류량만큼 방류하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, 실제로 필요한 저수지 공용량은 커지게 된다. 저수지마다 조금씩 다르지만 일정 저수위(상시만수위, 홍수기 제한수위)이상이 되면 이 때부터 방류를 실시하도록 수문조작지침이 되어 있으나 이 때부터 일정량 방류를 실시한다는 것은 현실적으로 어려움이 많다.

다. 저수지 수문조작시간이 길면 운영도중 저수위가 계획홍수위를 초과할 수 있다.

이 문제는 가.항의 문제와 연관이 있는데 일정방류 종료시간이 길어 질 때 발생할 수 있다. 일정방류 종료시간이 길어지면 그림 2와 같이 유입 수문곡선의 감소부에서 방류량(Qc)과 유입량(I)의 차인 DS에 해당하는 홍수량을 미리 저수지에 저류할 공간이 필요하며, 결과적으로 저수위는 계획홍수위를 초과하게 된다. 이 문제를 해결하기 위하여, 합

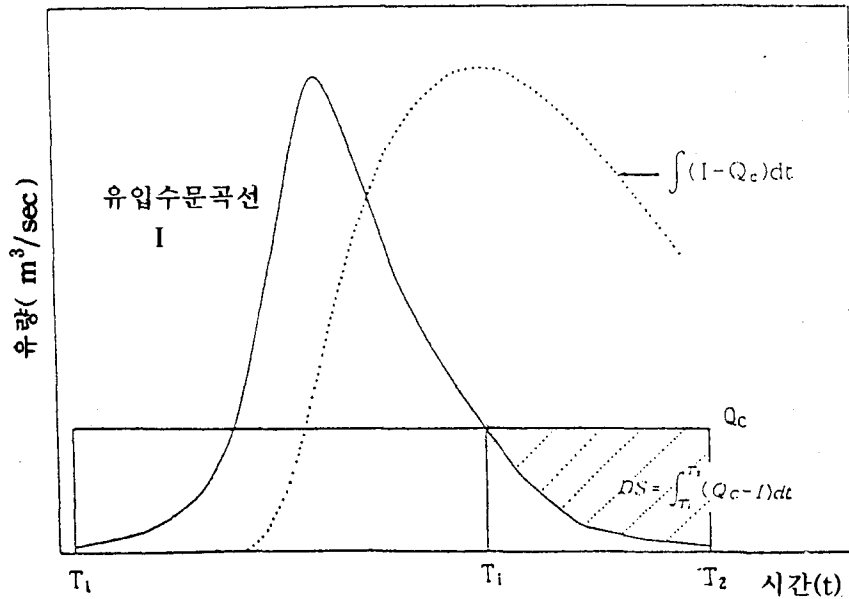


그림 2 일정방류량의 결정

표 1 합천댐 저수지의 홍수조절률 비교²⁾

첨두홍수량 (빈도년) (m³/sec)	Rigid ROM				Technical ROM(m³/sce)	
	홍수량 (m³/sec)	조절률(1) (%)	홍수량 (m³/sec)	조절률(2) (%)	원래방법 (m³/sce)	방법 1 (m³/sce)
3,850(10년)	1,913.5	50.3	1,913.5	69.3	530.6	665.1
4,790(30년)	2,380.6	50.3	2,380.6	60.1	792.5	1,019.7
5,190(50년)	2,579.4	50.3	2,579.4	56.6	904.0	1,173.6
5,720(100년)	2,842.8	50.3	2,842.8	53.1	1,051.7	1,377.5
6,250(200년)	3,106.3	50.3	3,106.3	50.2	1,199.3	1,578.3
8,870(PMF)	4,408.4	50.3	4,408.4	30.2	1,929.2	2,591.8

천 및 임하댐 건설에 따른 낙동강홍수에경보시스템 개선 보고서에는 새로운 일정방류량 결정방법을 제시하였다. 그림 2를 보면 저수지 운영기간중 저류량의 최대는 첨두홍수가 지나간 후 일정방류량과 유입홍수량이 같아지는 시간이므로 이 시간까지는 일정량으로 방류를 실시하고 그 이후는 유입량과 같도록 방류하는 방법이다. 이러한 방법에 따라 합천댐에 대해 계산된 일정방류량을 원래의 방법에 의해 계산된 결과와 표 1에 비교 수록하였다. 표 1을 보면 두 방법에 의해 계산된 일정방류량의 차가 그렇게 크지 않음을 알 수 있다.

4. Technical ROM과 Rigid ROM의 비교

댐에 의한 홍수조절효과를 비교할 때 유입수문곡선에 비해 방류수문곡선의 첨두유량이 얼마나 감소했느냐 하는 것으로 조절률을 결정한다. 따라서 첨두홍수량의 도달시간까지 유입량에 비례해서 방류하는 Rigid ROM이 처음부터 일정량으로 방류하는 Technical ROM에 비해 홍수조절효과가 떨어질 수 밖에 없다. 그런데 이러한 비교는 Rigid ROM이 표준홍수를 선택하여 추정된 일정률을 사용한다는 가정하에 이루어진 것이며, Technical

ROM에서와 같이 유입수문곡선의 예측이 정확하다는 가정하에서는 Rigid ROM의 일정률도 홍수사상마다 달라져야 한다. 이렇게 추정된 일정률을 적용하면 Rigid ROM에 의한 홍수조절효과도 크게 된다. 표 1의 Rigid ROM의 홍수조절률(2)을 보면 일정률이 홍수크기별로 추정된 값을 적용한 것으로 30년빈도 이하 홍수에서는 홍수조절률이 표준홍수에 의해 추정된 값 50.3%보다 큰 것을 볼 수 있다. 그러나 100년빈도 이상의 홍수에 대해서는 첨두방류량이 Technical ROM에 비해 너무 커서 이용하기가 어려울 것으로 보인다.

5. 홍수예경보 측면에서의 저수지 운영

일정시간동안 홍수를 저수지에 저류시켜 첨두홍수량의 크기를 감소시킨 후 하류로 방류하므로써 하류의 홍수피해를 줄이는 것은 다목적댐에 의한 홍수조절의 핵이라 할 수 있다. 이때 어느 기간 동안 얼마만큼의 물을 방류할 것인가를 합리적으로 결정하는 문제는 분명히 어려운 일이며 수계내에 다른댐과 연계운영까지 고려해야 한다. 댐의 방류시 고려해야 하는 조건은 현재 댐의 저류상태, 상·하류 홍수상황, 강우예보결과 등 여러가지가 있다. 이런 복잡한 상황에 대처하기 위해서는 구체적인 표준 저수지 운영방법이 각 댐별로 수립되어야 한다고 본다. 댐방류량은 그대로 하류의 홍수량이므로 홍수예경보 시스템에서 댐상류의 유역 및 하도 추적이 아무리 정확했다라도 댐방류량을 잘못 예측하면 소용이 없게 된다. 우리나라 홍수예경보의 예보 선행시간이 짧은 이유중에 하나가 댐방류량을 정확히 예측하기 어렵고 따라서 댐으로부터 직접 방류결과를 받아 하도추적을 실시하는 것에 기인한다. 따라서 홍수예보선행시간을 길게 하기 위해서는 댐의 수문조작규칙이 체계적이고 세밀하게 작성되어 홍수예경보시스템에 반영되어야 한다.

댐에는 다목적댐과 발전이나 농업용수확보를 위한 단일 목적댐이 있으며, 다목적댐은 한국수자원공사, 발전댐은 한국전력공사, 농업용댐은 농업진흥공사가 관리하고 있다. 이중 다목적댐과 북한강의 화천댐을 제외한 나머지 댐들은 사실상 홍수조절능력이 없다. 그러나 홍수초기에는 어느정도 조

절능력이 있으므로 홍수예보시만이라도 필요한 정보를 공유하고 신속하게 대처할 필요가 있다. 한강 홍수통제소에서는 한강 전체에 대해 홍수예경보시스템을 운영하고 있으며, 팔당댐 관리사무소에서도 댐 유입량예측을 위해 일부 하도구간에 이와 유사한 일을 수행하고 있다. 유역내 강우와 유출자료는 동일하며, 따라서 계산기구(모형)만 동일하다면 결과적으로 관리자가 판단을 내리는데 필요한 기본 자료는 같게 된다.

기존의 수문조작규정에 나와 있는 상시만수위, 홍수기제한수위 등의 댐 용량 분배를 현실적으로 재검토할 필요가 있다. 일부 다목적댐의 경우 댐설계초기 용량배분이 비합리적이어서 댐준공이래로 여수로 방류를 거의 실시하지 않은 경우도 있다. 제한된 수문자료를 가지고 계산된 결과가 실제와 차이가 있다면 합리적으로 고쳐서 저수지 수문조작규칙에 반영하여야 한다. 그렇지 않으면 결과적으로 댐방류량 예측이 어려울 수 밖에 없다. 홍수예보시스템의 댐방류량 예측 프로그램은 기존의 댐용량 배분에 기초한 수문조작규정을 따를 수 밖에 없다.

6. 결 언

Technical ROM을 효과적으로 적용하기 위해서는 유입홍수의 정확한 예측이 필요하며 이것은 홍수예경보시스템 개선을 위한 과제로 남아 있다. 여러가지 적용상의 어려움이 있음에도 불구하고 Technical ROM이 이용되는 것은 큰 홍수에 대처능력이 탁월한 것이기 때문으로 판단된다. 홍수기에 장기적으로 정확한 저수지 유입홍수를 예측하지 못하더라도 기상예보등을 기초로 홍수규모를 예측하여 예비방류를 실시하여 저수지 활용공간을 확보하고, 유입홍수와 강우상황을 고려하여 적절히 방류량을 일정하게 조절하는 방법은 지금처럼 장기강우예보에 전적으로 의존하지 못하는 상황에서 예측되는 큰 홍수에 대해 저수지 안전 측면을 고려한 적절한 홍수조절 방법이라 생각된다. 그러나 Technical ROM을 적절하게 이용하기 위해서는 앞에서 기술한 문제점들을 포함한 적용상의 문제점들을 해결하고 표준 적용방법을 개발하여 각댐별로 제시하

여야 하겠다. 아울러 홍수시 수문조작규정을 실제 상황별로 구체화시켜 홍수예경보 시스템에도 반영 되어야 하겠다. Rigid ROM은 유입 홍수수문곡선을 정확하게 예측할 필요가 없어 우리나라 다목적댐의 홍수조절에 많이 이용되고 있으나 예비방류의 역할이 없고 홍수조절능력이 상대적으로 약해 큰 홍수에는 적용이 어려울 것으로 보인다.

7. 참 고 문 헌

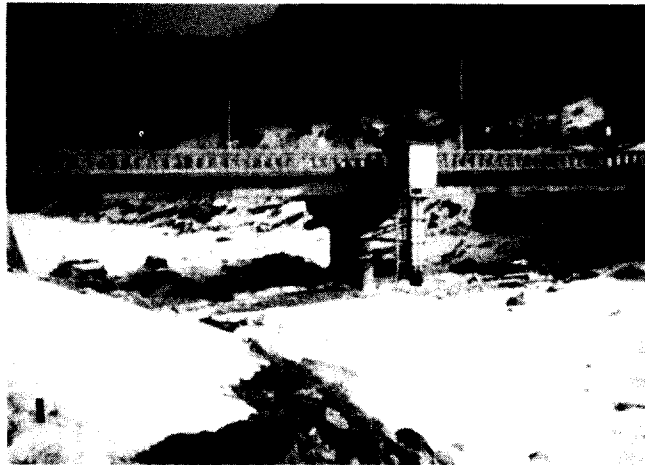
1) 건설부, 한강홍수통제소, 충주다목적댐 건설에 따

른 한강홍수예경보 프로그램개선 보고서, 1985.

2) 건설부, 낙동강홍수통제소, 합천 및 임하댐 건설에 따른 낙동강 홍수예경보 시스템 개선, 1994.

3) 건설부, 한강홍수통제소, 금강홍수예경보 프로그램 개선, 1989.

4) Nippon Koei Co., LTD., Report Reservoir Operation Method During Flood Period, 1975.



하반정

평창강, IHP유역, (1991.1.12. KICT촬영), 홍수기물 제외하고는 물이 흐르지 않는다. 바닥에는 칠거하지 않은 옛날 다리의 콘크리트 교각이 남아 있어서 홍수시 수위계측에 영향을 준다. 약 50m하류에는 농업용 보가 있어서 수위에 영향을 준다.