

수치모형을 이용한 저수지내 퇴사 거동에 관한 연구

Analysis on Behavior of Sediment Deposition in a Reservoir using a Numerical model

임태환¹⁾

Tae Hwan Lim

요 지

저수지의 퇴사는 저수량을 감소시켜 수명을 단축시키고 저수피해를 가중시킴과 동시에 용수공급에도 지장을 초래하게 된다. 또한 자연하천에서 흐르던 유사는 댐이라는 수공구조물로 인해 흐름에 방해를 받으며, 홍수기 홍수조절을 위한 방류시 하류 하천의 하상변동에 영향을 미치게 된다. 100년을 내용수명으로 하는 다목적댐은 한번 건설되면 저수상태에서 장기간 유지관리를 필요로 하므로 저수지내 퇴사에 대한 예측은 설계 단계에서 부터 신중한 검토와 적용이 요구된다.

저수지내에서 유사의 퇴적으로 인한 하상변동은 유역내에서 유입되는 유사입자의 크기와 형상, 하천의 계절적 유량변화와 유사량 변화, 저수지의 형태와 크기, 그리고 저수지의 홍수기 방류량과 운영계획 등 상호 관련된 많은 요소에 의해 좌우된다. 따라서 합리적이고 효율적인 하천 및 저수지의 정비와 관리를 위해서는 적절한 수치모형을 이용한 저수지의 퇴사분포 예측과 퇴사량 예측이 필요하다.

본 연구에서는 홍수기간 저수지로 유입되는 홍수량을 대상으로 퇴사거동에 대한 변화를 알아보기 위해 2차원 수치모형인 SMS(Surface-Water Modeling System) 모형을 사용하였으며, 모형내에 내장되어 있는 RMA-2와 SED-2D에 대한 모형의 특성·사용법·입력자료를 분석하고 대상유역에 대한 기 조사된 하천 중·형단 자료를 토대로 지형자료를 작성하여 기본계획 단계에 있는 김천시 부항다목적댐을 대상으로 100년 빈도 홍수량 유입시 공간적 퇴사거동 현상을 모의하였으며, 유속분포·퇴사의 공간적범위를 고려하여 저수지내 구조물 위치 선정 등에 미치는 영향을 연구하였다.

핵심용어 : 퇴사, 거동, SMS, RMA-2, SED-2D

1. 서 론

하천이나 저수지의 하상변동예측을 위한 모형개발 동향은 1차원에서 2차원, 더 나아가서 3차원 모형의 개발이 시도되고 있다. uncoupled 모형에서 coupled모형으로, 단일 하천에서 다지 하천으로 모의, 준 정상류에서 부정류의 모의로 점점 고급화 되어 가고 있다. 2차원 모형은 1차원 모형을 적용할 수 없는 저수지내 취수구 주위의 하상변동, 홍수터나 사주의 형상 및 소멸, 지류 유입 부에서의 퇴적, 저수지 퇴사분포 등 여러 문제에 이용될 수 있으나 이러한 문제에 포괄적으로 적용될 수 있는 모형은 아직 제시되지 못하고 있는 실정이다.

또한 국내 저수지 유사퇴적 연구를 살펴보면, 윤태훈과 김창완(1996)이 준 3차원 유사이송모형을 개발하여 팔당댐에 대해 하상변동량을 모의하였고, 이관수 등(1997)이 주암댐에 대해 2차원분류모형과 1차원 밀도류모형을 이용한 하상변동량을 예측한 바 있다.

본 연구에서는 저수지내 2차원 하상변동을 해석하기 위한 퇴사 모델링 방법으로 준 2차원 정상류 해석방법인 SED-2D 모형을 사용하여 정상 및 동수역학적인 유사이송과 하상변동량, 비퇴사

1) 정회원·한국수자원공사 수자원개발처 E-mail : kowalim@kwater.or.kr

량을 예측하였다.

SMS 모형은 침식과 포착 및 이송 그리고 퇴적의 각 단계에 따라 세부모의가 가능할 뿐만 아니라 RMA-2 분석을 통한 수리분석과 SED-2D 분석을 통한 유사분석 모의가 가능하며 하천과 저수지에서의 공간적 분포 예측에 대한 적용성이 높은 것으로 나타났다.

2. 저수지 적용

2.1 대상 저수지

본 연구대상으로 선정한 부항댐은 최근 기본계획이 완료되어 공사중에 있는 중소규모 다목적댐으로 부항천이 위치한 감천 본류구간은 장기간의 유사이동으로 최근 조사된 유사량 기초자료를 취득하기에 용이한 구간이다.

부항댐이 위치한 부항천은 감천 제 1지류이며, 유역면적 84.88km², 유로연장 22.0km의 지방2급 하천으로 수원은 경상북도, 전라북도, 충청북도의 경계인 삼도봉(EL. 1,123.9m)에서 발원하여 지방도 903호선을 따라 유하하다가 감천과 합류한다. 부항댐 유역면적은 82.0km²이며 감천 합류점에서 2.0km 상류에 위치하고 있다.(그림1)



그림 1. 부항댐 위치도

수계는 경북 김천시 부항면과 전북 무주군 설천면을 경계지역으로 동류하여 부항면 지례면에서 유입되는 지류인 부항천을 중심으로 남북방향의 소지류가 부항천으로 유입되고 있다. 부항천은 5차 하천으로 감천과 마찬가지로 사행천(Meandering)으로 이루어져 주변을 따라 하상 퇴적층이 광범위하게 발달하여 전답으로 이용되고 있다.(표 1)

표 1. 하천현황

구 분	유역면적(km ²)	유로연장(km)	유역평균폭(km)	형상계수	유역면적비
감 천	1,005.3	69.0	14.6	0.21	12.26
부항천	84.9	20.5	4.1	0.20	1.04
부항댐	82.0	18.5	4.4	0.24	1.00

(부항댐 기본계획 보고서, 2004)

2.2 수리·수문 특성

2.2.1 확률강우량

부항댐 유역에 위치하고 있는 부항1, 지례 강우관측소를 대상으로 태풍 “RUSA”를 고려한 37개년 강우자료에 대하여 지속시간별 강우자료를 추출하여 각 관측소 지점의 빈도별 확률강우량을 산정한 결과 1997년 타당성조사시 보다 크게 나타났다. 이는 최근 태풍 “루사”와 “매미”와 같은 강우사상이 반영된 것으로 판단된다.(표 2)

표 2. 부항댐 유역 확률강우량 산정 결과

관측소	구 분	빈도별 확률강우량(mm)				자료기간	자료형태
		50년	80년	100년	200년		
부항 1	1997년	151.9	158.0	160.8	169.3	30('66~'95)	일강우
	2004년	282.2	302.6	312.2	342.2	23('80~'02)	24시간(임의)
지례	1997년	213.3	232.3	241.7	271.9	30('66~'95)	일강우
	2004년	305.3	328.8	340.0	374.5	23('80~'02)	24시간(임의)

(부항댐 기본계획 보고서, 2004)

2.2.2 홍수량

HEC-1 모형을 이용하여 Clark 유역추적법 및 Muskingum-Cunge 하도추적법을 적용한 결과, 200년 빈도 첨두홍수량은 548m³/s(강우지속시간 9시간 기준)으로 비유량 8.5m³/s/km² 정도로 산정되어 부항댐 지점의 유역형상(우상, 평균상, 수지상 복합) 및 수계배치상 홍수가 합류점 부근에서 일시에 집중되었다가 하도 구간에서 저류되는 홍수유출특성을 잘 반영하는 것으로 판단된다.

2.3 기존댐 퇴사량

댐계획시 퇴사량 추정은 실측자료가 충분하지 않아 이론적인 것보다는 경험적인 자료를 이용, 여러 방법에 의해 추정되고 있으며 그 범위는 대청댐의 300m³/km²/년에서부터 합천댐의 700m³/km²/년에 이르고 있으며, 기존 저수지의 퇴사량 실적자료에 의하면 비퇴사량이 약 200~1,000m³/km²/년으로서 편차가 매우 크게 나타나고 있다.

2.3.1 저수지 퇴사예측 및 적용

부항댐은 「감천하상변동조사 (건설교통부, 1995)」의 유사량 측정성과를 토대로 부항댐의 비퇴사량(Reservoir deposits)을 500m³/km²/yr으로 추정하였으며, 이때, 포착율(Trap efficiency)은 계획단계에서 퇴사에 대한 안정성 확보차원에서 100%를 적용하였다.

부항댐 저수지 용량 및 저수면적은 1:5,000 수치지도를 이용하여 산정하였으며, 저수지 퇴사의 공간분포는 미국 내무성개척국(USBR)에서 제안한 경험적 면적감소법(Empirical Area Reduction Method)을 이용하여 표고별 퇴사량을 산정하였다.

부항댐의 총 퇴사량은 50년 경과후 2.05백만m³, 100년 경과후 4.1백만m³으로 추정되므로 사수위는 계획단계에서 취수탑 구조물의 퇴사에 대한 안전성을 보장하기 위해 50년 빈도 수평퇴사위와

100년 빈도 경험적 면적감소법에 의한 퇴사위를 비교·검토하여 높은 퇴사위를 채택하였으며, 저수위는 취수탑 취수구의 수리학적 특성 및 퇴사에 대한 안전성 등을 고려하여 결정하였다.

3. 적용결과

부항댐을 대상으로 SED-2D를 이용하여 100년 빈도 홍수량을 대상으로 공간적 퇴사 거동 현상을 모의한 결과 그림2와 같이 저수지 유입부에서 가장 큰 퇴사량을 보이고 있으며 저수지내로 들어오면서 점점 퇴사량은 감소하면서 삼각주 형태의 공간적 분포형태를 나타내고 있음을 알 수있다.

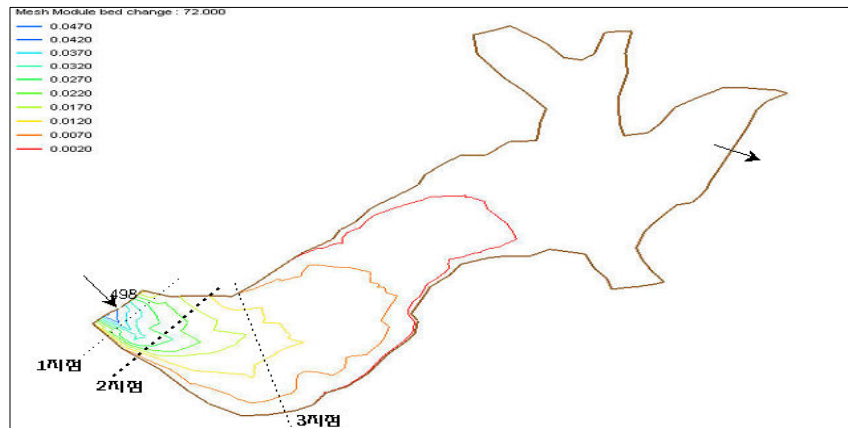


그림 2 부항댐 유입부 퇴사 거동 특성

저수지 종단에 대한 변화는 100년 빈도 홍수량에 대해 72시간 단기 모의 결과로는 거의 변화가 없는 것으로 나타나고 있으나, 댐축으로부터 약 2.7km 지점부터는 그림3과 같이 퇴적으로 인한 하상고 변화가 나타나고 있는 것으로 분석되었다.

저수지 유입부에서의 각 지점별 횡단 퇴사위 분포현황을 보면 그림4, 그림5, 그림6과 같으며, 저수지 유입부인 제 1지점에서 0.012~0.047m의 변동량으로 가장 큰 변화를 나타내고 있으며, 제 3지점으로 갈수록 변동량은 크지 않은 결과를 도출할 수 있었다.

부항댐은 저수지의 종단거리가 약 4.0km 정도의 중소규모댐으로 취수탑의 위치가 댐체에 인접하여 설계되어 퇴사로 인한 영향은 크지 않을 것으로 판단되지만, 유역면적이 크고 홍수량이 큰 대형 저수지의 경우에는 취수탑 위치 선정을 위해 퇴사의 영향을 미치는 범위를 예측하여 구조물의 공간적 배치를 하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

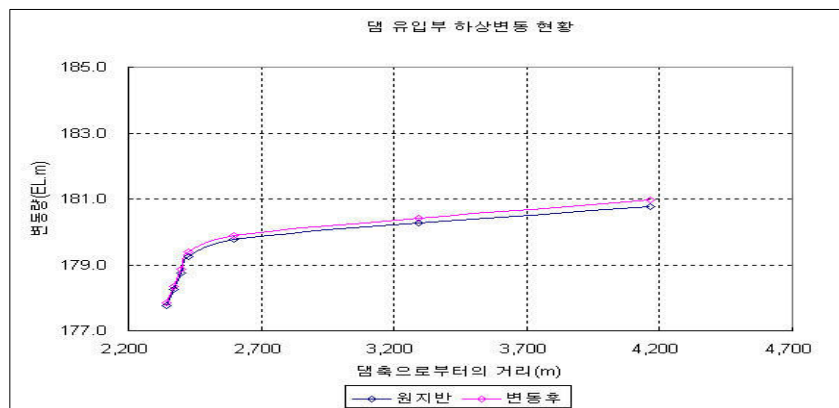


그림3 부항댐 유입부 퇴사 특성

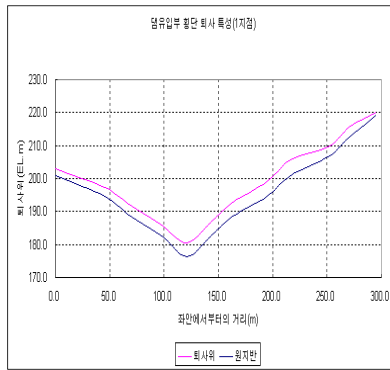


그림4 제1지점

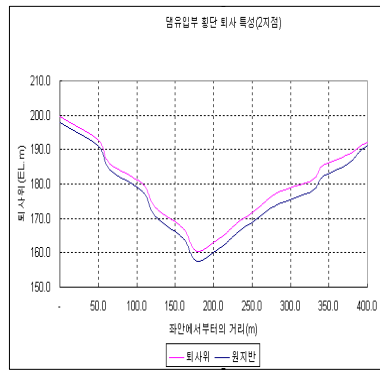


그림5 제2지점

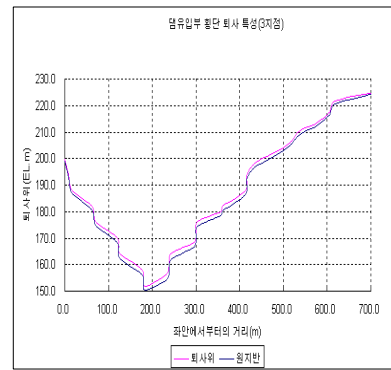


그림6 제3지점

4. 결 론

2차원 수치해석 모형인 SMS를 이용하여 홍수량 유입에 따른 공간적 퇴사 거동특성을 모의한 결과 RMA-2를 이용한 수문분석 모의결과 저수지내에서 100년빈도 홍수량 유입시 유입부에서는 0.145m/sec 정도로 다소 크게 나타나고 있으나, 저수지내로 들어오면서 유속은 급격히 감소하며 흐름이 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 모형 특성상 수심에 대한 선형방정식에 의해 계산되므로 저수지내로 들어오면서 수심이 깊어짐에 따라 유속이 급격히 감소하는 것으로 나타난다.

수문분석 결과를 토대로 SED-2D에 의한 유사이송 모의결과, 흐름분포가 적은 저수지에서는 홍수 발생시 유속이 빠른 유입부에서부터 자갈과 굵은 모래가 먼저 퇴적되는 경향을 보이고 있으며 저수지내로 들어오면서 그 퇴적량은 급격히 감소하여 유사의 농도변화 및 퇴적이 거의 일어나지 않는 것으로 나타났다. 부항댐은 저수지 유입부에서부터 1.8km 지점까지 하상이 0.002~0.047m 퇴적되는 결과를 얻을 수 있었으며, 저수지 유입부에서 삼각주 형태로 퇴적하는 공간적 퇴사 거동 특성을 나타냈다.

참고문헌

1. 건설교통부 (1997). “감천 하천정비기본계획(보완) 수립”
2. 건설교통부/한국수자원공사 (2004). “감천다목적댐(부항댐) 건설사업 기본계획 보고서”
3. 김영복 (2003). "SMS 모형을 이용한 하상변동 예측" 공학석사학위논문, 충북대학교.
4. 윤지현 (2006). “MPM 공식에 의한 대형댐 유입부의 소류사 퇴적형상 모의” 공학석사학위논문, 충남대학교.
5. 이주용 (1998). “하천흐름과 하상변동의 차원 모형 및 예측”, 공학석사학위논문, 충북대학교
6. 장창래 (1999). “하상변동 예측을 위한 1차원 컴퓨터 모형 개발에 관한 연구.” 공학석사학위논문, 충남대학교.