

2차원모형을 이용한 소양호의 퇴사분포 예측

Prediction of Sediment Distribution in Soyang Lake

Using two-dimensional Model

성충현*, 이봉희**, 서용권***, 오규창****, 김종래*****

Chung Hyun Seong, Bong Hee Lee, Yong Kewon Seo, Kyu Chang Oh, Jong Rae Kim

요 지

효율적인 댐 운영 및 관리를 위하여 퇴사유입으로 인한 저수용량의 감소에 대한 정량적인 분석이 필수적이다. 본 연구의 대상지인 소양호는 소양강댐이 준공된 1973년을 기준으로 매 10년마다 세부측량을 통한 퇴사량 조사가 실시되고 있다. 기존의 조사에서는 장기적인 퇴사량 예측을 위해 U.S.B.R의 경험적 면적감소법과 90년대 초반부터는 1차원 모형인 HEC-6가 적용되어 왔다. 그러나 기존의 방법은 저수지 내 퇴사의 횡방향 분포는 고려할 수 없다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 저수지 횡단방향으로의 퇴적과 세굴을 모의할 수 있는 2차원 이상의 모형이 적용되어야 한다.

본 연구에서는 소양호의 장래퇴사분포를 모의하였다. 현재 실무에서 주로 이용되고 있는 HEC-6 모형과 2차원 수치모형인 HSCTM2D(Hydrodynamics, Sediment and Contaminant Transport Model)모형 및 SMS-SED2D 모형을 비교한 후 SMS-SED2D 모형을 소양강댐 유역에 적용하였다. 또한 모형의 매개변수 보정을 위하여 퇴사량 조사용역으로 수행된 1983년과 2005년의 실측횡단자료를 이용하였으며, 향후 소양강댐의 관리를 위한 기초자료로의 활용을 위하여 댐 축조후 50년, 100년후의 저수지내 퇴사분포를 모의하였다.

핵심용어 : 저수지퇴사분포, HSCTM2D, SMS-SED2D

1. 서론

효율적인 댐의 운영 및 관리를 위해 댐의 저수구역으로 유입되는 퇴사의 예측이 필요하다. 본 연구의 대상지인 소양강댐의 퇴사예측을 위해 경험적 면적감소법(Empirical Area Reduction Method)과 HEC-6 모형이 적용되어 왔다. 그러나 기존의 방법은 저수지 내 퇴사의 횡방향 분포를 고려할 수 없기 때문에, 저수지내의 퇴사의 분포와 이동을 모의할 수 있는 2차원 수치모형의 적용이 필요하다.

본 연구에서는 소양강댐 유역의 장래퇴사분포를 예측하기 위하여 2차원 수치모형을 적용하고, 그 적용성을 검토하고자 한다.

* 정회원·동부엔지니어링 수자원부-E-mail : chseong@dongbueng.co.kr
** 정회원·동부엔지니어링 수자원부-E-mail : waterpia95@dongbueng.co.kr
*** 정회원·동부엔지니어링 수자원부-E-mail : swolf@dongbueng.co.kr
**** 정회원·동부엔지니어링 수자원부-E-mail : kyucoh@dongbueng.co.kr
***** 정회원·한국수자원공사 소양강댐관리단-E-mail : jrkim@kowaco.or.kr

2. 수치모형

2.1 모형의 선정

2차원 퇴사예측모형으로는 미육군공병단과 미연방도로국에 의해 개발된 SMS-SED2D 모형과 미환경국(EPA)에서 제공하는 HSCTM-2D 모형이 있다. 본 연구에서는 저수지의 퇴사분포예측에 적합한 SMS-SED2D 모형을 선정하여 소양강댐유역에 적용하였다.

2.1.1 HSCTM-2D 모형

HSCTM-2D 모형은 2차원 유동방정식과 이류-확산 방정식으로 구성된 지배방정식을 유한요소법으로 수치해석함으로써 2차원 유속을 추정하여, 비점착성유사 및 점착성유사의 운송과 침전, 세굴 등을 모의할 뿐만 아니라 오염물질의 모의가 가능한 모형이다. 이 모형은 하천수리 해석 부모형인 HYDRO2D와 점착성유사운송 부모형인 CS2D로 구성되어 있다.

① 하천수리해석모형(HYDRO2D)

HYDRO2D 모형은 연속방정식, 운동량 방정식을 기본방정식으로 하며, 물은 비압축성이며, 수압은 정수압분포를 한다는 가정을 바탕으로 하며, Boussinesq의 와점성 모형을 이용한다.

② 유사운송 및 퇴적모형(CS2D)

해수유동에 의한 퇴적물의 이동을 모의하기 위한 기본방정식으로 이류-확산 방정식을 이용하여, 와확산계수는 하구 점성토사의 확산에 관한 계수식을 이용한다.

2.1.2 SMS 모형

SMS(Surface Water Modeling System)는 1차원, 2차원, 3차원 동수역학적 모형으로서, GFGEN 모형, RMA-2 모형, RMA-4 모형, SED2D 모형 등으로 구성되어 있다.

① GFGEN 모형

ASCII 지형파일을 RMA-2에서 사용가능한 2진파일(binary)의 형태로 바꾸어주는 일종의 전처리 기로서, 유한요소망을 구성하는 격점(node) 및 요소(element)에 관한 정보를 읽어들이 오류확인 및 계산소요시간의 단축을 위해 격점 번호를 다시 지정해 기능을 담당한다.

② RMA-2 모형

RMA-2 모형은 2차원 동수역학적 모형해석을 위하여 수심평균을 취하여 보간기법을 적용한 유한요소 수치모형으로서 2차원 흐름 영역에서 자유표면, 상류흐름의 수평방향 유속성분과 수위를 계산하며, Navier-Stokes 방정식에 난류의 흐름을 고려한 Reynolds 방정식으로 유한요소의 해를 계산한다. 마찰력은 Manning 방정식의 조도계수나 Chezy 방정식의 평균유속계수로 계산되고, 와점성계수는 난류의 특성을 정하는데 사용되며, 정상류 뿐 아니라 부정류에서도 모의가 가능하다. RMA-2 모형의 지배방정식은 수심 적분한 유체의 연속방정식과 2차원 운동량 방정식을 사용한다.

③ SED2D 모형

SED2D 모형은 2차원 정상류 및 동수역학적인 유사이송과 하상변동을 모의할 수 있는 모형으로서 이송-확산방정식을 이용하여 하상변동을 모의한다. SED2D는 GFGEN과 RMA-2를 실행한 후에 그 결과를 이용하여 하상변동을 모의한다. GFGEN 입력자료는 지형자료이며, RMA-2 입력자료는 상류경계유량조건 및 하류경계 수위조건, 난류확산계수와 조도계수값 등이다. SED2D 입력자료는 기본적으로 부유사농도, 하상재료에 대한 자료들로 구성되어 있다.

3. 모형의 적용

3.1 대상유역

본 연구의 대상유역은 소양강댐 유역으로서 유역면적이 약 2,703km²이고, 유로연장은 154.2km이다. 본 연구에서는 소양강댐의 저수구역을 대상으로 소양강댐을 하류단으로 하고 인북천과 내린천을 상류단으로 설정하고, 2차원 유사의 이송 및 퇴적을 모의하여 하상변동을 계산하였다.

3.2 입력자료

3.2.1 지형자료

본 연구의 지형자료는 1983년의 측량자료를 입력자료로 하여 2005년까지 장래퇴사분포 모의를 한 후 2005년의 측량자료와 비교하고, 2005년의 측량자료를 입력자료로 하여 50년후, 100년 후의 퇴사분포를 모의하였다.

3.2.2 경계조건

모형의 모의를 위해서 경계조건으로 수위자료와 유량자료 및 유사량자료가 필요하다. 수위자료는 소양강댐 지점의 일수위 자료를 이용하였고, 유량자료는 인북천유역과, 소양강댐유역의 일유량 자료를 이용하였으며, 내린천 유역 및 소양강댐 저수구역내 지류의 유량자료는 소양강댐유역에 대한 비유량으로 적용하였다. 또한 50년, 100년 후의 장래퇴사분포 모의를 위해서 1976년 ~ 2000년의 25년간 일유량자료를 각각 2회, 4회 반복하여 모의하였다.

유사량자료는 인북천유역에 위치한 원통(도리촌교)지점과 내린천유역의 말단부에 위치한 고사리(원대교)지점에 대하여 1994년과 2005년에 산정된 자료를 이용하였으며, 소양강댐 저수구역내 지류지점에는 유사량자료가 전무한 관계로 Laursen 공식을 적용하였다.

한편 조도계수는 “소양강댐 저수지 퇴사 조사연구(수자원공사, 1994)”에 제시되어 있는 상류하천 구간과 저수지구간에 대하여 각각 0.050와 0.020를 적용하였으며, 난류확산계수는 하천의 재료특성과 수심에 따라 2,000 ~ 5,000N·sec/m² 을 적용하였다.

4. 분석결과

4.1 모형의 검증

4.1.1 RMA-2 모형 검증

RMA-2 모형의 검증을 위하여 소양강댐 유역의 배수위 계산시 적용한 HEC-RAS의 결과값과 비교하였다. 소양강댐 유역의 계획홍수량 조건으로부터 모의된 수위계산결과는 그림1과 같고, HEC-RAS 모형의 결과와 비교해 보면 비교적 잘 일치하는 것을 볼 수 있다.

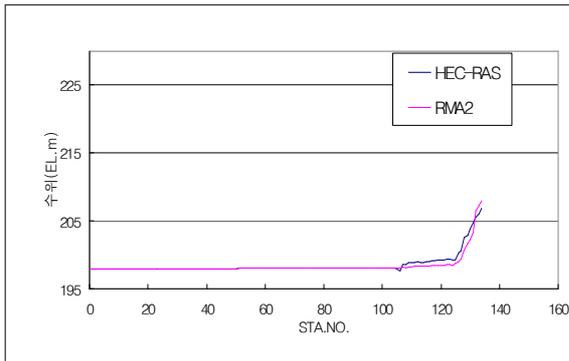


그림 1. 수위계산 결과 비교

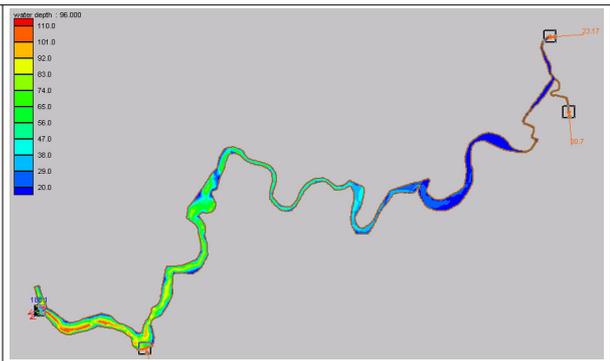


그림 2. RMA2 모형결과(수침분포도)

4.1.2 SED2D 모형 검증

모형의 검증을 위하여 1983년도 실측횡단자료를 지형자료로 입력하고, 1983년부터 일유량 및 일수위 자료를 경계조건으로 입력하였다. 2005년 실측횡단자료의 최심하상고와 SED2D 모의로부터 구한 최심하상고는 그림 3과 같고, 상류부의 하상준설 부분을 고려하면 모의결과는 실측치의 경향을 비교적 잘 반영하고 있는 것으로 나타났다.

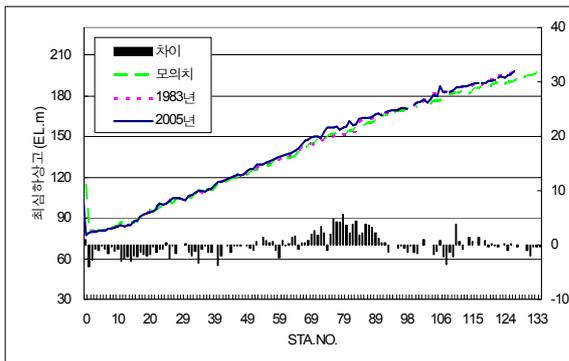


그림 3. 최심하상고 비교

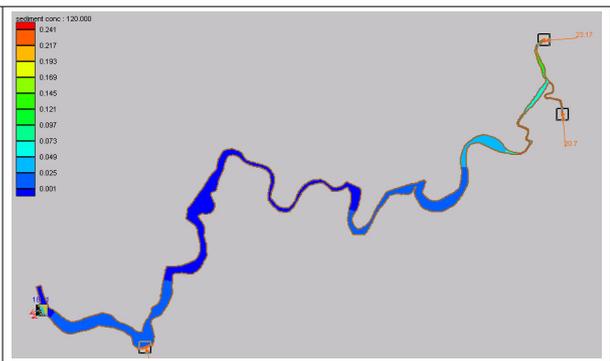


그림 4. SED2D 유사량 모의결과

4.2 장래퇴사분포 모의

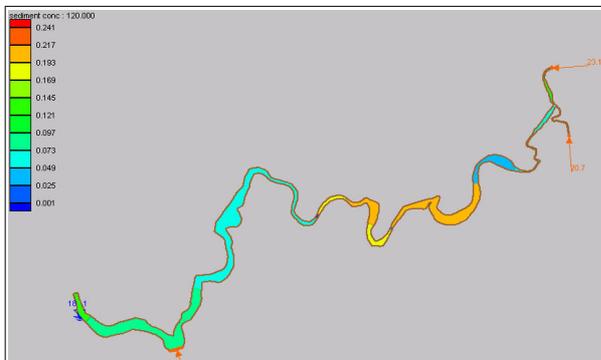


그림 5. 50년 후 퇴사분포



그림 6. 100년 후 퇴사분포

5. 결론

본 연구에서는 소양강댐 유역의 장래퇴사분포 모의를 위하여 2차원 수치모형인 SMS-SED2D 모형을 적용하였다. 1983년의 실측지형자료와 1983년~2005년의 수문자료 및 1994년의 유사량자료를 입력자료로 하여 모의 후 2005년의 실측지형자료와 비교하여 검증하였다.

한편 장래퇴사분포 모의를 위해 2005년도의 실측지형자료와 1976년~2000년의 25년간의 수문자료 및 2005년의 유사량 자료를 이용하여 50년, 100년 후의 퇴사분포를 모의하였다.

본 연구는 아직 진행중인 사업으로 여러 입력자료와 모형의 매개변수에 대한 수정과 보완작업이 계속적으로 이루어질 것이므로, 구체적인 수치적 결과는 무의미하다고 판단되어 수록하지 않았으며, 단지 2차원 유사이송 및 퇴적모의와 하상변동 계산모형을 이용하여 저수지의 장래하상변동을 예측하는 프로세스의 확립에 일조하는데 의미를 두었고, 궁극적으로 효율적인 댐운영 및 관리를 위하여 퇴사유입으로 인한 저수용량의 감소에 대한 정량적인 분석을 수행할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 한국수자원공사에서 발주한 “소양강댐 퇴사량조사용역(제3차)”의 일환으로 수행되었으며, 본 연구의 수행에 많은 도움을 주신 한국수자원공사 소양강댐관리단에 감사의 마음을 전합니다.

참 고 문 헌

1. 한국수자원공사 수자원연구소(1994). 소양강댐 저수지 퇴사 조사 연구.
2. 김영복, 심순보(2003). SMS 모형을 이용한 하상변동 예측, 방재연구논문집, 제5권 제1호, pp.121-133
3. 최민하, 윤용남(2002). 2차원 모형을 이용한 장·단기의 하상변동 분석, 한국수자원학회 학술발표회 논문집 (II), pp.817-822