

팔당호의 부유사 확산 거동 모의

Modeling Mixing of Suspended Sediments in Paldang Lake

서일원*, 전인옥**, 최남정***
Il Won Seo, In Ok Jun, Nam Jung Choi

요 지

팔당호는 수도권 상수원수로서 매우 중요한 역할을 맡고 있다. 팔당호의 수도권 상수도 공급량은 전체 공급량에 32%를 차지하고 있으며, 현재 4 개의 취수구에서 상수원수가 취수되고 있다. 취수장의 총 취수시설 용량은 $9.05 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 규모이고, 실제 취수되는 양은 약 $4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 이다. 따라서 팔당호의 지속적인 수질관리 및 수질예측이 중요하다고 할 수 있다. 실제로 팔당호는 여러 가지 수질 문제를 안고 있다. 팔당호 상류의 인구가 증가하고 도시화되면서 유입되는 오염물질의 양이 증가하고 있으며 이런 상황에서 상수원수로서 필요한 수질을 확보하는 데에 어려움을 겪고 있다. 특히 집중호우 시 호수 및 하천에 발생하는 부유사 문제가 심각한 수준이다. 하천에서 부유사 문제는 수자원 이용뿐만 아니라 하천 생태계까지 피해를 미치게 된다. 따라서 부유사 거동에 대해 해석하는 모형개발에 대한 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 이렇듯 중요성과 문제성을 동시에 지니고 있는 팔당호의 수질을 예측, 관리를 위해 2차원 수질모델을 이용하여 부유물질 확산거동을 예측하고자 한다. 수로연장이 길고 수심이 깊은 댐이나 호수에서는 x-z방향으로 구획을 나누고 하천, 하구나 만에서는 수심보다 수평방향 면적이 넓기 때문에 x-y방향으로 구획을 나누는 것이 일반적이며, 팔당호의 경우 수리학적으로 큰 규모의 호수이기 때문에 이러한 2차원 모형을 이용하는 것이 적합하다. 본 연구에서는 2차원 수질 해석모델인 SED-2D를 이용하여 부유사 확산 거동에 대한 해석모델 개발을 연구하였다.

핵심용어 : 팔당호, 부유사, 2차원 모형, SED-2D

1. 서 론

팔당호는 수도권 상수원수로서 매우 중요한 역할을 맡고 있다. 팔당호의 수도권 상수도 공급량은 전체 공급량에 32%를 차지하고 있으며, 현재 4 개의 취수구에서 상수원수가 취수되고 있다. 취수장의 총 취수시설 용량은 $9.05 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 규모이고, 실제 취수되는 양은 약 $4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 이다. 또한 팔당댐은 평수기에 약 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 물을 하류로 지속적으로 흘려보냄으로써 하류지역의 수질오염 저감에도 기여하고 있다. 따라서 팔당호의 지속적인 수질관리 및 수질예측이 매우 중요하다고 할 수 있다. 팔당호는 북쪽에서 북한강, 동쪽에서 남한강, 남쪽에서 경안천이 유입하는 하천형 호소이다. 하천형 호소의 특성상 체류시간이 길지 않으므로 오염도가 크지 않을 것이라 생각할 수 있다. 그러나 실제로 팔당호는 여러 가지 수질 문제를 안고 있다. 팔당호 상류의 인구가 증가하고 도시화되면서 유입되는 오염물질의 양이 증가하고 있으며 이런 상황에서 상수원수로서 필

* 정희원, 서울대학교 건설환경공학부 교수, E-mail : Seoilwon@snu.ac.kr

** 서울대학교 건설환경공학부 석사과정, E-mail : jioda@naver.com

*** 서울대학교 건설환경공학부 석사졸업, E-mail : seal7082@snu.ac.kr

요한 수질을 확보하는 데에 어려움을 겪고 있다. 특히 집중호우 시 호수 및 하천에 발생하는 부유사 문제가 심각한 수준이다. 하천에서 부유사 문제는 수자원의 이용뿐만 아니라 하천 생태계까지 피해를 미치기 때문에 그 영향이 매우 크다. 따라서 부유사 거동에 대해 해석하는 모형개발에 대한 연구가 필요한 실정이다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 연구내용

본 연구에서는 전후처리 모형인 SMS를 이용하여 팔당호 지역에 관한 2차원 유한요소 격자를 구성한 후, 하천 흐름해석 모형 RMA-2와 유사이송모형 SED-2D를 이용하여 유입된 부유사의 2차원 거동을 모의하였다. 먼저 하천정비 기본계획의 하상고 자료를 x, y, z 로 변환한 후 SMS에서 이를 Scatter point로 불러들여 2차원 하천 격자를 생성하였다. 이렇게 구성한 격자에서 2차원 동수역학적 모형인 RMA-2를 실행하여 흐름장을 모의하였다. 모의한 흐름장 결과를 바탕으로 2차원 유사이송 모형인 SED-2D에 입력하여 부유사의 이송-확산에 대하여 모의하였다.

본 연구의 적용 영역은 한반도 중위부의 한강에 위치한 팔당호로서 모의 영역은 팔당댐으로부터 남한강 양평수위표까지 26.4 km로 선정하였다. 팔당호는 1973년 팔당댐의 건설로 형성된 인공호로서 당초 수력발전을 위해 조성되었으나 현재는 국내 최대 규모의 광역 상수원으로서의 중요성이 더 크다고 할 수 있다. 팔당호는 서울에서 동쪽으로 약 45 km 떨어진 경기도 남양주시 능내리에 위치하고 있다. 팔당호의 항공사진은 아래 그림 1과 같다.

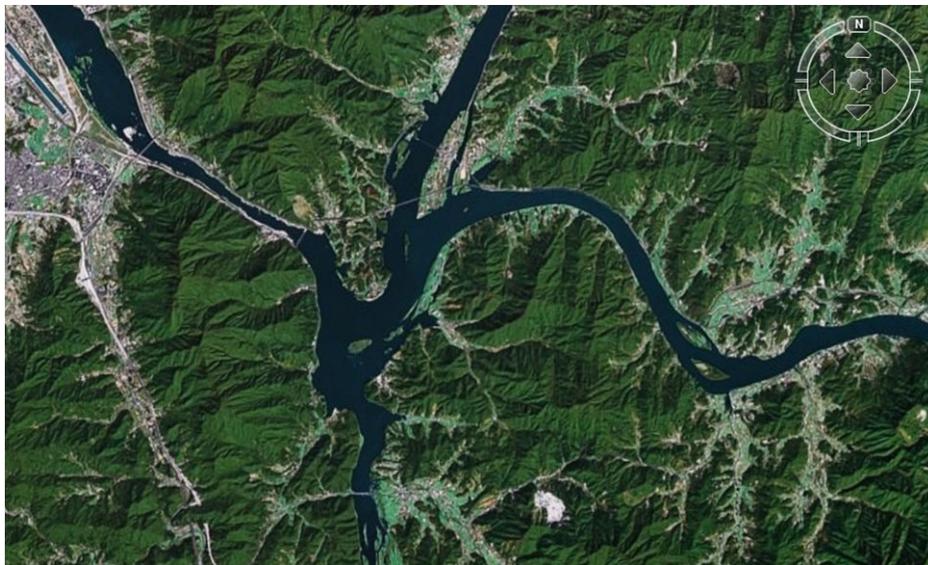


그림 1. 팔당호의 항공사진

각 유입하천으로부터 팔당호에 유입되는 유량은 북한강이 전체 유입량의 43.4%, 남한강이 55%, 경안천이 1.6%를 차지한다. 팔당호의 평균수심은 약 6.5 m로 얕아 수온 및 용존산소의 수직분포가 비교적 일정하다. 체류시간은 약 3일에서 6, 7일 정도로 하천형 호소라고 할 수 있다. 유역 면적은 23,800 km²이고 저수량은 244×10^6 m³이며 유입량은 하루 29.65×10^8 m³/day이다 (환경부 국립환경연구원, 2005).

2.2 연구방법

대상 영역의 지형 자료를 바탕으로 격자를 구성하는데 있어 SMS를 이용하여 격자를 구성하고 이를 모의에 사용하였다. 하상 지형자료는 1992년 한강수계치수기본계획의 평면도 및 횡단면 자료로부터 취득하였으며 이를 바탕으로 대상영역의 지형을 구성하였다. SMS를 이용하여 구성한 격자는 아래 그림 2와 같다. 총 절점수는 4914개이며, 총 요소수는 1634개이다. 요소는 Quadratic type을 사용하였고 삼각요소가 356개, 사각요소가 1278개이다. 본 격자의 최저 하상고는 1.6 m이며, 최고 하상고는 25 m이다.

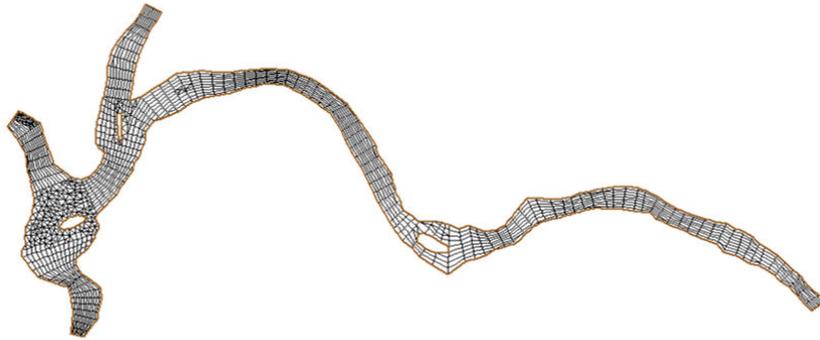


그림 2. 팔당호 지역에 대한 SMS 격자

대상 영역의 입력 자료로 남한강의 평수량은 유량연보(1998)에서 제시한 수위-유량관계곡선식을 이용하였다. 북한강 유량은 청평수위표의 평수위와 건설교통부(2000)의 수위-유량관계 곡선식을 이용하여 결정하였다. 하루 경계단인 팔당댐에서는 수심을 경계조건으로 팔당댐의 2004년 일수위 평균값을 사용하여 평수기 수심 25.21 m으로 결정하였다. 경안천의 유량은 남한강 북한강에 비해 매우 작아 흐름이 없는 것으로 처리하였다. 각 경계조건의 입력자료는 표 1과 같다.

표 1. 경계조건 입력자료

경계조건	남한강 상류 경계단 조건 유량(m ³ /sec)	북한강 상류 경계단 조건 유량(m ³ /sec)	하류 경계단 조건 수심(m)
입력자료	520	174	25.21

대상 영역의 부유사 농도자료는 ‘물환경정보시스템’의 수질측정망 자료를 이용하였다. 이 시스템에서는 전국하천 및 호소 등 수질보전대상 공공수역에 대한 수질현황을 종합적으로 파악하기 위해 측정망별로 조사항목, 조사 횟수 및 시기를 정하여 이에 맞추어 측정을 실시하고 있다. 팔당댐의 경우에도 총 5 군데에서 매월 SS 농도를 측정하고 있다. 연구에서는 팔당지역의 2007년 연평균 SS 농도 수치를 이용하여 초기 SS값을 정하였으며, SS 경계조건은 부유사 농도가 최대 발생하였음을 가정하여 모의하였다. 팔당호의 각 지점별 2007년 연평균 SS 농도는 아래 표 2에 정리하였다.

표 2. 2007년 팔당호의 지점별 연평균 SS 농도

지점명칭	지점코드	연평균 SS 농도(mg/l)
팔당댐1	1007B10	10.4
팔당댐2	1017B20	9.4
팔당댐3	1007B20	9.4
팔당댐4	1015B40	6.5
팔당댐5	1017B10	13.3

3. 연구결과 및 분석

3.1 연구결과

팔당호 지역의 초기 부유사 농도는 위에 제시된 연평균 SS 농도를 바탕으로 9.8 mg/l으로 설정한 후, 남한강과 북한강을 통해서 25 mg/l의 부유물질이 연속으로 유입될 경우를 가정하여 수치모의를 실시하였다. 25 mg/l라는 가정은 물관리정보시스템의 2007년 자료를 바탕으로 결정한 수치이다. 수치모의를 수행한 결과는 아래 그림 3과 같다.

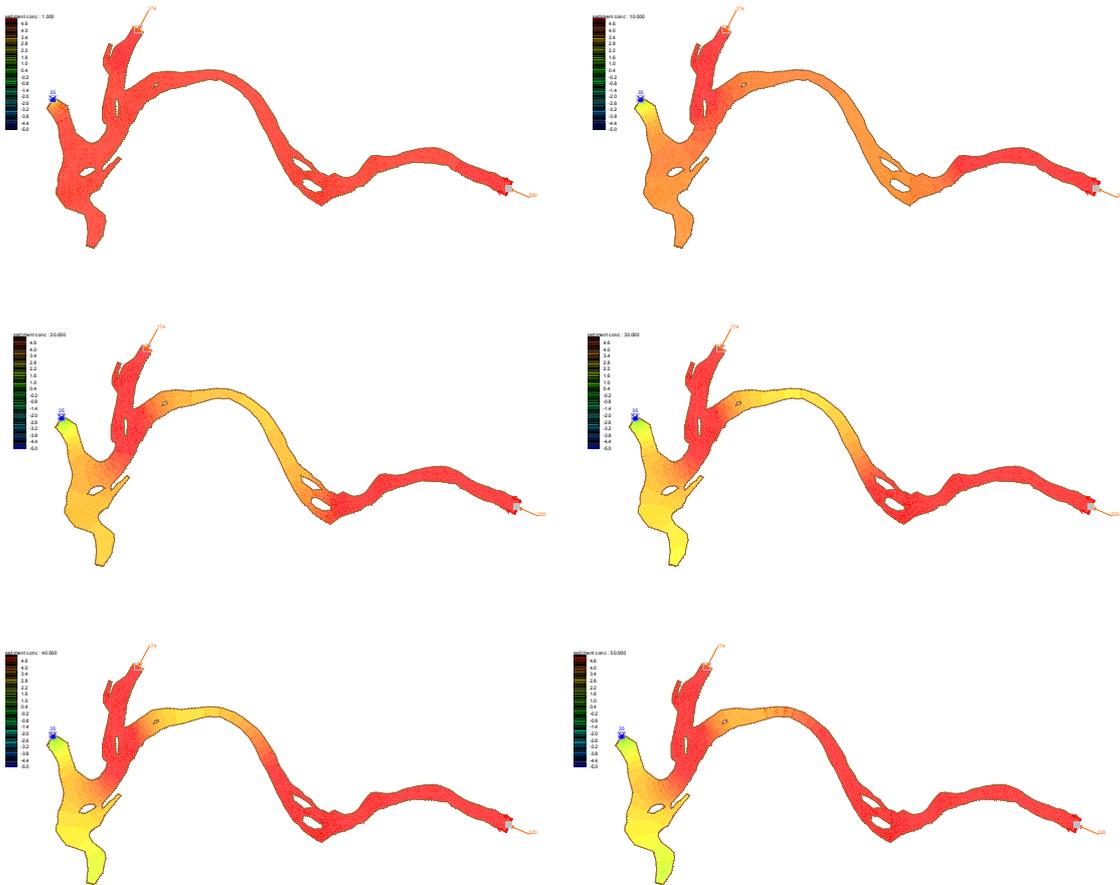


그림 3. 시간별 팔당호 부유사 거동 모의결과 (1 hr, 10 hr, 20 hr, 30 hr, 40 hr, 50 hr)

3.2 결과분석

수치모의 결과 남한강과 북한강의 부유사 유입이 모두 팔당호 부유사 농도에 큰 영향을 미치게 됨을 알 수 있다. 또한 이번 연구에서는 경안천의 유량은 남한강과 북한강에 비해 매우 작아 그 흐름을 무시하였기 때문에 경안천의 영향은 분석할 수는 없지만, 경안천을 통한 부유사의 유입도 팔당호에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 이번 연구를 통해서 팔당호의 수질 관리를 위해서는 부유물질에 대한 철저한 조사와 예측이 필요함을 알 수 있다.

4. 결 론

이 연구에서는 팔당호 지역의 부유물질 거동에 대한 연구를 진행하였다. 이를 통해서 부유사 유입이 팔당호 수질에 미치는 영향에 대해서 간접적으로 살펴 볼 수 있었다. 앞으로의 연구는 이러한 연구결과를 바탕으로 유사이동의 이론을 접목시켜 부유물질의 확산 해석모델을 연구 및 개발 할 계획이다.

감 사 의 글

본 연구는 교육인적자원부 BK21(서울대학교 사회기반건설 사업단)과 21세기 프론티어 연구개발사업 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비 지원(과제명 : RAMS 개발)과 서울대학교 공학연구소의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 한강홍수통제소(2000). 북한강 및 안성천 유량측정.
2. 건설부 (1992). 한강수계치수기본계획 (하천정비기본계획).
3. 서울대학교 (2004). 하천흐름 및 하상변동 해석기술 개발 1단계 최종보고서, 21세기 프론티어연구개발사업, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업.
4. 오정선, 서일원, 김영한 (2004). “사행하천에서 오염물질의 2차원 거동특성 해석”, **한국수자원학회 논문집**, 37(12), pp. 979-992.
5. 한강홍수통제소 (2004). 한국수문조사연보.
6. 환경부 국립환경연구원 한강물환경연구소 (2005). 팔당호, 팔당호 1급수 달성을 위한 사전예방·생태계 복원연구 선도.
7. King, I. (2006). Users Guide To RMA2 WES Version 4.5, US Army Corps of Engineers, *Waterways Experiment Station-Hydraulics Laboratory*.
8. King, I. (2006). Users Guide To SED2D Version 4.5, US Army Corps of Engineers, *Waterways Experiment Station-Hydraulics Laboratory*
9. 환경부 물관리정보시스템 홈페이지 : <http://water.nier.go.kr/weis>