

보 설치 구간에서의 퇴적물질 확산 모의를 위한 적정 모형의 검토

박기정*, 정민재*, 김환석*, 김영*, 윤제영*

*고려대학교 환경공학과

e-mail:jyyoon@korea.ac.kr

The Review of Models for Effect of Sediment in Weir Section

Gi-jung Pak*, Min-jae Jung*, Hwan-suk Kim*, Young Kim*, Jae-yong Yoon*

*Dept. of Environmental Engineering, Korea University

요 약

4대강 살리기 사업 등 대형 사업의 건설 및 시행에 의한 환경적 영향에 대한 예측과 적절한 수질관리 방안을 마련하기 위해서는 적절한 수문·수질모형을 이용하는 것이 필수적이며, 국내 대형 국책 사업 또는 중요 환경영향평가에서는 계속적으로 수질모형이 사용되고 그 적용 범위는 더욱 증가 될 전망이다. 따라서 이들 수질 모형의 사용에 있어서 예측의 정확도 및 신뢰도를 제고하는 것은 매우 중요한 일이라 할 수 있을 것이다. 특히 4대강 살리기 사업에 의해 다수의 보가 하천 내에 건설되고 준설이 실시됨에 따라 하천 내의 수리·동역학적 특성 및 수질특성이 변화할 것으로 예상되며, 적절한 수질관리 대책을 수립하기 위해서는 사업에 의한 수리 및 수질 특성 변화를 예측하고 시나리오를 분석할 있는 모델링 시스템을 구축하는 것이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 보 건설에 따른 다양한 수리 및 수질 특성 변화를 예측하기 위해 모의 가능 모형들을 조사하고, 국·내외 적용사례 분석을 통해서 현재 가장 많이 적용되고 있는 모형들을 선별하였다. 이를 토대로 모형 별 성능을 비교·분석하여 모형별 적용성을 검토하였다. 검토결과 신설보 설치에 따른 하천 수리 특성의 변화, 부유물질 및 동반오염물질에 의한 수질 변화 등의 고려가 가능하며, 동적상태 모형으로 하천에서의 불연속적인 흐름에 따른 모의, 수심방향으로의 모의가 가능한 EFDC 모형이 보 설치에 따른 국부적인 영향을 자세하게 파악하는데 가장 적절한 모형으로 파악되었다.

1. 서론

4대강 살리기 사업 등 대형 사업의 건설 및 시행에 의한 환경적 영향 변화에 대한 예측을 위해서는 적절한 수질관리 방안을 마련하는 데에는 수질모형을 이용하는 것이 필수적이나 아직까지 국내의 수질 모델링 기술은 실제 필요한 수준에 이르지 못한 것이 현실이다(국립환경과학원, 2005). 그럼에도 불구하고 우리나라의 대형 국책 사업 또는 중요 환경영향평가에서는 계속적으로 수질모형을 사용하고 있으며 그 적용 범위가 더욱 증가 될 전망이다. 따라서 이들 수질 모형의 사용에 있어서 적절한 모형을 선정하고 예측의 정확도 및 신뢰도를 제고할 수 있도록 문제의 원인을 파악하고 그 해결책을 수립하는 것은 매우 중요한 문제이다. 특히 4대강 살리기 사업에 의해 다수의 보가 하천 내에 건설되고 준설이 실시됨에 따라 수리학적으로는 기존의 자연하천상태의 흐름과는 달리 흐름방향보다 수심방향으로의 특

성이 강하게 작용하는 호소의 특성을 가지게 될 것이며, 수질측면의 경우 체류시간 증가에 따라 부영양화에 부정적인 영향을 가져올 수도 있을 것이다. 따라서 기존에 해오던 하천 수리·수질예측과는 차별화되고 보다 정밀한 수질예측을 필요로 할 것이다. 따라서 적절한 관리 대책을 수립하기 위해서는 사업에 의한 수리 및 수질 특성 변화를 예측하고 시나리오를 분석할 있는 모델링 시스템을 구축하고 다양한 시나리오 적용을 통한 정확한 분석 및 예측을 위한 노력이 필요하다.

2. 연구방법

모형의 적용 목적에 맞는 효과적인 모형의 선정을 위해서는 적용하고자 하는 수체의 특성을 가장 잘 반영할 수 있는 모형을 선별하는 것이 중요하다. 하천의 오염물질은 반응, 이송, 확산 등과 같은 기작에 의해 변화하며 신뢰성 있는 모의를 실시하려면 하천

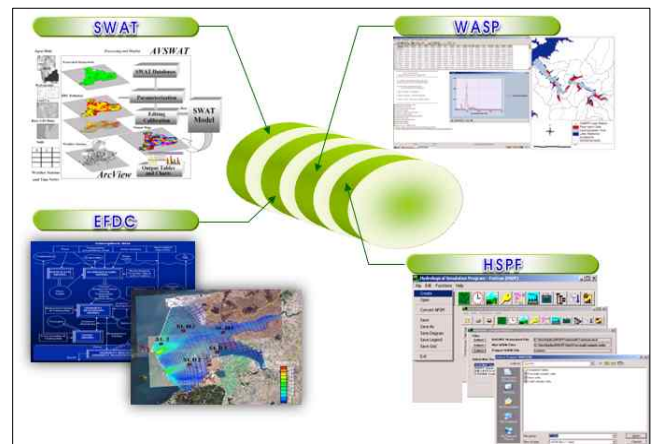
의 수리학적 특징이 정확히 구현되어야 한다. 본 연구는 4대강 사업에 따른 신설보의 설치에 의한 수리·수질 변화 특성을 모의를 위한 적정 모형을 선정하는 선행연구이다. 따라서 하천에서의 하천 수리 특성의 변화, 하상의 변화 및 유입 퇴적물들에 의한 수질 변화 등을 고려할 수 있는 모형을 선정해야 한다. 특히 신설보 설치에 의한 수리적 특성 변화 고려를 위해, 수심방향의 특성을 모의해야 하기 때문에 종방향, 횡방향, 깊이를 모두 고려할 수 있을 뿐더러 유사이송에 의한 동반 오염물질의 하천 유입 영향을 고려할 수 있는 모형을 선정하는 것이 중요하다. 이를 위해 국내·외 모의 가능 모형들을 조사하고, 적용사례 분석을 통해 현재 가장 많이 적용되고 있는 모형들을 선별하였으며, 각각의 모형별 성능을 비교·분석하여 모형별 적용성을 검토하고 모델링 시스템 구축을 위한 적정 모형을 선정하였다.

3. 연구결과

3.1 적용가능 모형 사례 조사 및 선별

최적 모델링 기법 선정을 위하여 연구보고서, 학술지 논문 등의 문헌 검색을 통하여 국내·외에서 개발된 수많은 모형 중 부유물질 및 동반오염물질(수질) 모의가 가능한 모형들을 조사하고 각각의 모형별 국내·외 적용사례 분석을 실시하였다(국내: 한국교육학술정보원(RISS), 국외: ISI Web of Knowledge). 이를 통해 모형별 적용 현황 및 횡수를 분석하고 부유물질 및 부유물질과 동반오염물질 모의 가능 모형 중 적용 횡수가 많은 모형을 선별하였다. 모형별 적용 현황 분석 결과, 국내의 경우 부유물질 모의시 RMA를 연계한 SED2D 모형의 적용사례가 가장 많았으며, HEC-6, GSTARS, SWAT, EFDC, HEC-RAS, HSPF 순으로 적용 횡수가 많았다. 부유물질 및 동반오염물질의 경우 SWAT, EFDC, HSPF 모형의 적용사례가 있었다. 국외의 경우, 부유물질만 모의시 SWAT, EFDC, WASP, HSPF 순서로 적용사례가 많았으며, 이중 동반 오염물질을 함께 모의한 경우는 SWAT, WASP, EFDC, HSPF 적용 사례가 많았다. 국내·외 모두 부유물질만 모의할 경우 SWAT, EFDC, HSPF 모형이 많이 적용되고 있는 것으로 분석되었으며, 동반오염물질을 함께 모의할 경우 SWAT, WASP, EFDC, HSPF 모형이 많이 적용되고 있는 것으로 나타났다. 특히 EFDC 모형의 경우 적용사례가 대부분 2005년 이후로, 현재 가장 활발하게 적용되고 있는 모형으로 나

타났다. 이외에도 본 연구사례에는 포함되지 않으나, 연구 보고서 등의 문헌을 추가적으로 검색한 결과 대형 건설사업 등에 의한 수리 구조물 건설 등에 따른 하천 및 저수지 등에서의 국부적인 수질 영향 변화 및 예측연구에 등에 WASP 및 EFDC 모형의 적용사례가 가장 많이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 상기의 모형별 적용 현황 연구를 토대로 하여 선별된 모형은 부유물질 및 동반오염물질 모의가 모두 가능한 SWAT, WASP, EFDC, HSPF을 비교·분석 대상 모형으로 선별하였다(그림 1)



[그림 1] 부유물질 및 동반 오염물질 모의 가능 모형

3.2 선별 모형 모의 특성 비교

아래 표는 선별된 모형별 수문, 수질 부유물질 모의 특성 및 대상 오염물질 등 모형별 특이사항을 비교하여 정리한 것이다(표 1).

[표 1] 부유물질 및 동반오염물질 모의 모형 특성 비교

Model	Dimension	Flow type	Time step	부유물질 모의	오염물질 모의	수리 구조물
SWAT	1차원	Quasy-Dynamic	Daily	O	O	X
WASP	3차원	Dynamic	Sub-daily	O	O	X
EFDC	3차원	Dynamic	Sub-daily	O	O	O
HSPF	1차원	Dynamic	Sub-daily	O	O	X

*. O: 모의 가능, X: 모의 불가능, Δ:모의 제한적(항목이 매우 적음)

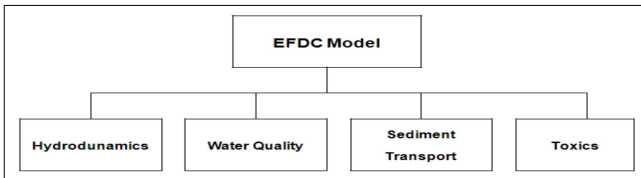
3.3 최적 모의 가능 모형 선정

신설보 설치에 의한 하천에서의 수리적 변화 특성

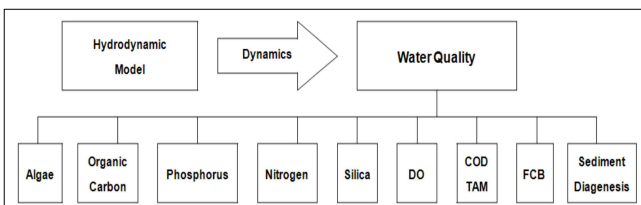
고려를 위해서는 수심방향의 특성을 함께 고려해야 하며, 이를 위해 1차원 모형보다는 2, 3차원모형이 유리하다. 또한 시간에 따른 하천의 흐름 특성 변화 고려를 위해서 정상상태 모형보다는 비정상상태(동적상태) 모형이 유리하다고 판단된다. 특히 수리구조물의 설치에 대한 모의가 가능하며, 유사이송에 의한 동반오염물질의 하천 유입 영향 모의가 가능한 모형을 선정하는 것이 중요하다. 이러한 기준을 토대로 하천에서의 신설보 설치에 따른 하천 수리 특성의 변화, 부유물질 및 동반오염물질에 의한 수질 변화 등의 고려가 가능한 EFDC 모형을 적정 모형으로 선정하였다. 특히 EFDC 모형은 동적상태 모형으로 하천에서의 불연속적인 흐름에 따른 모의 특성을 고려할 수 있을 뿐만 아니라 수심방향으로의 모의가 가능하여, 보 설치에 따른 국부적인 영향을 자세하여 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

3.4 EFDC 모형 및 사례조사

EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델은 초기에 하구 및 해양에서의 적용을 위해 Virginia Institute of Marine Science(Hamrick, 1992a)에서 개발된 3차원 수리동역학모델로서 유체의 이동, 염분 및 온도 모의 외에도 흡착성 또는 비흡착성부유물질의 이동, 오염원 유입에 의한 희석, 부영양화 기작, 독성 오염물질의 이동 및 반응 등의 모의가 가능하다. 특히 EFDC유동 부분 모의에 있어서 댐 또는 압거 등의 치수 구조물 해석뿐만 아니라 3차원의 유체동역학 및 토사의 이동을 모의할 수 있는 범용 모델로 부유물질 농도에 대한 시·공간적 분포 등에 대한 실시간 모의가 가능하다(그림 1, 그림 2)



[그림 2] EFDC 모델의 기본 모듈 구성



[그림 3] EFDC 모형을 이용한 Water quality 모델링의 구조

EFDC 모형은 하천, 호소 및 연안 등 매우 다양한 곳에 적용되었거나, 적용되고 있다. 국외의 경우 주로 수심이 깊은 호소, 하구 또는 연안에서의 적용사례가 많으며, WASP과 같은 수질 해석에 특화된 모형을 EFDC의 수리 해석기능과 연계하여 적용한 연구가 진행되어지고 있다. 특히 보 및 댐과 같은 수리구조물 모의의 경우 대형 댐의 건설 전후의 퇴적환경 변화 및 수질에 대한 연구가 주로 수행되었다. 국내의 경우 댐 뿐만 아니라 신설보 설치에 따른 수리학적 변화 특성에 대한 연구가 증가하고 있다(표 2).

[표 2] EFDC 모형을 이용한 국내·외 수리구조물 모델링 사례

적용 대상	내용	수질항목	적용 구조물 종류
Blackstone River, Mass.	14개 댐이 존재하는 하천에서의 수리 해석 및 수질모의	TSS, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb	댐
Tidal Basin and Washington Channel	하구둑의 운영에 따른 Fecal Coliform 변화 모의	Fecal coliform	수문
Falls Lake	댐 건설 후 영양염류 모의를 통한 부영양화 평가	TN, TP, Chl-a	댐
낙동강 유역	보 설치 전·후 수리 및 수질 모의	BOD ₅ , TN, TP, Chl-a	보
금강본류 및 미호천	보 설치에 따른 하천 수질 변화 예측	BOD, TN, TP	보
금강 (금분 K 단위유역)	보 설치로 인한 금강 수질모의	DO, BOD, TN, TP, Chl-a	보
남한강 하류와 팔당호	보 설치에 따른 하천 수질 변화 예측	BOD, TN, TP, Chl-a	보

4. 결론

본 연구에서는 4대강 사업에 따른 신설보의 설치에 의한 수리·수질 변화 특성을 모의를 위해 모의 가능 모형들을 조사하고, 국·내외 적용사례 분석을 통해서 현재 가장 많이 적용되고 있는 모형들을 선별하였다. 이를 토대로 모형 별 성능을 비교·분석하여 본 연구 목적에 가장 부합하며, 적용성이 우수한 모형을 선정하였다.

① 4대강 살리기 사업에 의해 다수의 보가 하천 내에 건설되고 준설이 실시됨에 따라 사업에 의한 수리 및 수질 특성 변화를 예측할 수 있는 모델링 시스템 구축이 필요

② 이를 위한 적정 모의 가능 모형 선정을 위해 국내·외 모형 적용사례 분석을 수행하였으며, SWAT, WASP, EFDC, HSPF을 신설보 건설에 따

른 수리·수질 모의 가능 모형으로 선별

③ 선별된 모형 별 적용성을 비교하여, 하천 수리구조물(보) 설치 모의에 따른 수리 특성 변화, 부유물질 및 동반오염물질에 의한 수질 변화 모의가 가능한 EFDC 모형을 적정 모형으로 선정하였음. 특히, EFDC 모형의 경우 수심변화 모의를 위한 2, 3차원 모의 및 비정상상태의 흐름 특성 변화 모의가 가능하여 다른 모형에 비해 적합한 것으로 판단

④ 현재 주요 선진국에서는 복잡한 유체거동 모의와 영향평가의 수단으로서 3차원 수리·수질모형의 적용사례가 증가하고 있으며, 이에 따른 EFDC 모형의 국내·외 적용사례도 증가함에 따라 그 적용성을 인정 받고 있음

사사

본 연구는 금강수계관리위원회·국립환경과학원 금강물환경연구소의 2011~2012년도 환경기초조사연구구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 국립환경과학원, “정상·비정상 모델링 기법개발 및 적용성 평가”, 2005.
- [2] 서동일, 이정우, “2차원 수리모델 EFDC를 이용한 준설에 의한 부유사 확산 영향에 관한 연구”, 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표논문집, pp. 360-363, 2005.
- [3] Ji, Z. G., Hamrick, J. H. and Pagenkopf, J., “Sediment and Metals Modeling in Shallow River”. Journal of Environmental Engineering, Vol. 128, No. 2, pp. 105-119, 2002.