EFDC 모형에 의한 보 설치에 따른 수질변화 예측
- 달성보를 중심으로 -

Prediction of Water Quality Variation According to Weir Construction Using EFDC Model
- Focused on Dalsung Weir -

조은희* · 여규동** · 김길호*** · 김현정****
Eun Hui Jo, Kyu Dong Yeo, Gil Ho Kim, Hyun Jung Kim

요 지

정부는 홍수대응능력 강화, 대체수원확보, 안정적 물 공급 등을 목표로 '4대강 살리기 사업'을 추진 중이며, 이 가운데 수량확보 및 수질개선을 목적으로 권역별 중요지점에 보를 설치 중이다. 아직도 논란이 되고 있는 보설치 효과에 대해 본 연구는 수직·수평적으로 수리 및 수질 모의가 가능한 비정상 상태의 3차원 모형인 EFDC 모형을 이용하여 낙동강 유역 내 건설 중인 달성보의 설치 전후 수질변화를 비교함으로써 사업의 수질목표 달성 가능성을 확인하고자 하였다. 모의결과 연평균 DO는 미비하게 감소하는 경향이 있으나, T-N과 T-P의 경우 연평균 0.138mg/L, 0.069mg/L 가량 감소되는 것으로 나타났다. 또한, COD의 경우 연평균 1.911mg/L 감소하는 것으로 나타나 T-N, T-P, COD 항목을 기준으로 하였을 때 수질개선효과가 나타났다. 시기별로 살펴보면, 갈수기시 보로 인해 유량이 확보되면서 수질이 개선되는 것으로 나타났고, 이에 반해 홍수기시에는 개선효과가 미비했다. 고정보를 가정한 한계는 있지만, 본 연구로부터 달성보 설치에 따른 수질개선효과를 확인할 수 있었으며 고정보가 아닌 가동보에서의 효율적인 운영시 보다 높은 수질개선 효과가 나타날 것으로 판단된다.

핵심용어 : EFDC 모형, 수질모의, 보, 4대강 사업

1. 서 론

최근 기후변화로 인한 주기적인 가뭄으로 인해 지역적 물 부족이 심화되고, 홍수로 인한 피해가 급증함에 따라 이를 해결하기 위한 근원적인 대책이 필요하다. 이에 정부는 홍수대응능력 강화, 대체수원확보, 안정적 물 공급 등을 목표로 '4대강 살리기 사업'을 추진 중이며, 수량확보 및 수질개선을 목적으로 권역별 중요지점에 보를 설치하고 있다. 그러나 '4대강 살리기 사업'은 인위적인 하천정비사업으로 사업의 목표에 반하여 예상되는 수질악화를 이유로 지역주민, 환경단체, 종교단체 등에서 '4대강 살리기 사업'을 회의적 시각으로 바라보는 측면도 존재하고 있다. 본 연구에서는 이러한 '4대강 살리기 사업'의 수질변화측면에 대한 부정적 인식들을 해소하고, 사업의 목

* 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : vipjeh@paran.com)
** 정회원 · 인하대학교 수자원시스템연구소 선임연구원 (E-mail : yeokd94@gmail.com)
*** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kgh0518@gmail.com)
**** 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : zen2524@paran.com)

적에 맞는 수질목표의 달성가능성을 확인하고자 하며, 이를 위해 3차원 수리·수질 모델인 EFDC 모형을 이용하여 보의 설치전·후를 모의, 비교하였다.

2. EFDC(Environment Fluid Dynamics Code)모델

EFDC모델은 3차원 수리·수질 모델로 하천, 호소, 습지, 저수지, 연안 해역 등을 포함한 수표면계에서 3차원 흐름과 질량이송, 그리고 생화학적 처리와 같은 일반적인 목적을 위한 모델이다. 기존의 하천 수질모의는 1차원 모형을 이용한 분석을 하였으나, 이것은 유속이 빠르고 폭이 좁은 하천의 경우에 적합하다. 그러나 보와 같은 수공구조물과 같이 인위적으로 물을 저수하는 경우 수평방향으로의 흐름특성을 가지는 하천보다 호소와 같이 수직방향에 대한 물의 유동형태에 대한 고려가 중요하기 때문에 수직방향으로의 흐름특성을 고려할 수 없는 1차원 및 2차원 모형은 수심방향으로의 특성을 설명하기에 어려운 면이 있다. 따라서 본 연구에서는 댐이나 보와 같이 정체된 흐름에서의 수공구조물 해석뿐만 아니라 수심이 얕은 수체에 대한 wet/dry 현상을 모의할 수 있는 EFDC 모형을 이용하여 수질모의를 실시하였다.

3. 국내 하천에의 적용

3.1 대상유역

낙동강은 금호강이 유입하기 이전에는 비교적 양호한 수질을 보이다가 대구의 금호강이 유입된 직후인 고령지점의 경우 상당히 악화되는 양상을 보인다. 본 연구의 대상 지역은 낙동강 상류에 위치한 달성보를 중심으로 금호강유입부 하류에 있는 화원관측소부터 현풍관측소까지 낙동강 본류를 대상으로 모의하였고, 본 연구에서의 보의 제원 및 위치는 표 1, 그림 1과 같다.

표 1. 유역의 현황 및 보의 제원

유역의 현황		보의 제원	
행 정 구 역	대구광역시 달성군, 현풍면	**폭**	450 m × 50 m
유 로 연 장	약 21.898 km	**높이**	10 m
평 균 하 폭	약 359.602 m		

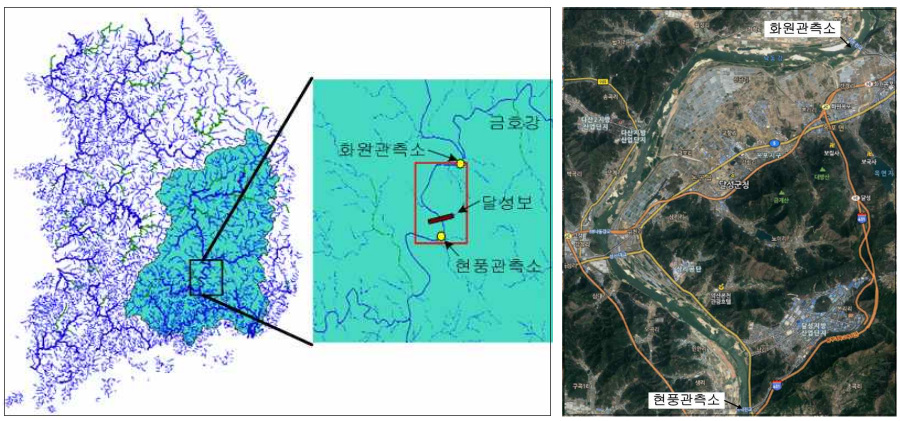

그림 1. 달성보 위치

3.2 입력자료의 구성 및 매개변수 추정

본 연구에서 시기적인 모의기간은 2009년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지이며, 모의를 위한 격자는 SMS를 이용하여 횡단방향 4개, 종단방향 28개로 수평방향 112개, 수직층 1개, 총 112개로 구성하였다. 하천의 유량자료와 수위자료는 국토해양부 자료를 활용하고, 수질자료(DO, COD, DOrg-N, NH_4-N, NO_3-N, T-P)는 월단위로 제공되는 환경부 수질측정망 자료를 이용하였다. 현재 제공되고 있는 수질측정망 자료는 월단위 자료로써 시간단위로 측정되고 있는 기상, 수문자료와 시간적 스케일의 문제가 발생하기 때문에 본 연구에서는 그림 2와 같이 3차 spline법을 적용하여 월자료를 일자료로 내삽하여 입력자료를 구성하였다. 한편, 보 설치에 따른 수위의 변화를 HEC-RAS 모형을 이용하여 모의하고 이를 EFDC 모형의 수위 경계조건으로 입력하였다. 모의값은 모의구간의 최하류인 현풍관측소에서 보 설치 전의 실측값과 모의값을 그림 3과 같이 비교하고, 매개변수추정을 통해 보정을 실시하였다.

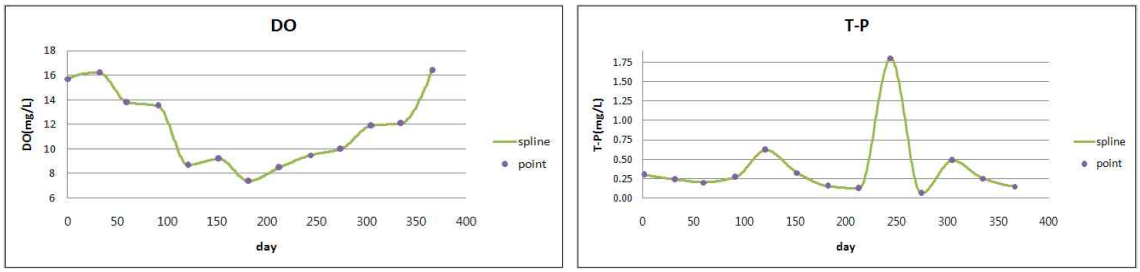

그림 2. 입력자료의 내삽

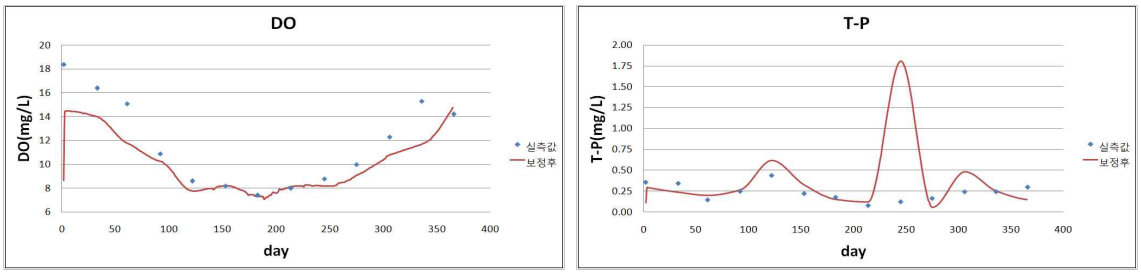

그림 3. 보정결과

3.3 모의 결과

본 연구에서의 수질 모의는 2009년 실측 수질자료를 이용하여 4대강 사업의 달성보 설치 전과 후로 나누어 모의하였다. 하천의 특성상 수심이 얕고 모의구간이 짧기 때문에 상류와 하류의 수질 모의결과는 큰 차이를 보이지 않았다. 그림 4(a)~그림 4(d), 표 2와 같이 DO는 홍수기를 제외한 나머지 기간에서 최소 1.607mg/L에서 최대 3.421mg/L까지 감소하는 것을 알 수 있고, COD는 최소 0.9mg/L에서 최대 2.958mg/L까지 감소하여 수질이 개선되는 것을 알 수 있다. T-N과 T-P의 경우 월별로 차이는 있지만 연평균 0.138mg/L, 0.069mg/L씩 감소하여 수질이 개선되는 것을 알 수 있다. 이는 보로 인해 증가된 유량에 의해 갈수기시 오염원의 희석효과로 인해 수질개선이 나타나는 것으로 판단된다. 한편, 뚜렷한 수질개선효과가 보이지 않는 홍수기는 비점오염원 저감과 관련된 수질대책이 필요할 것으로 판단된다.

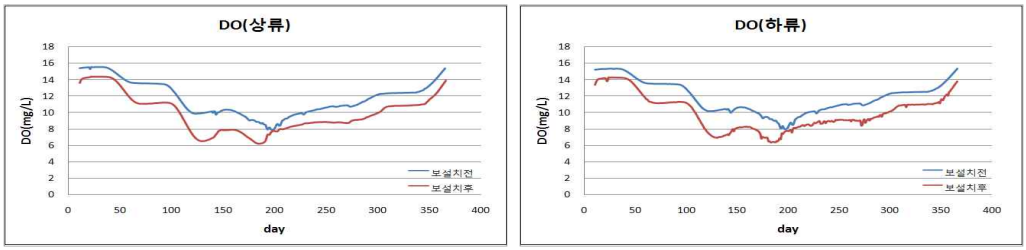

그림 4 (a) 보설치전·후 모의결과(DO)

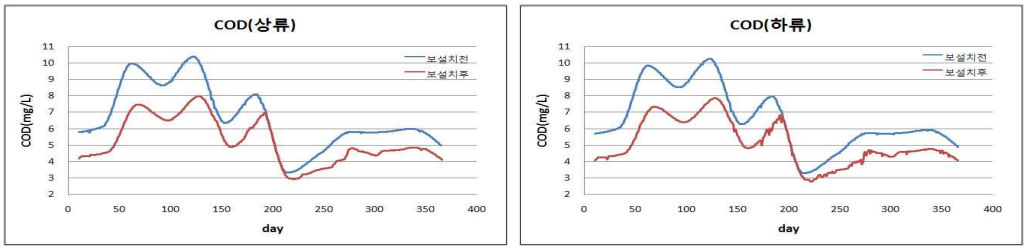

그림 4 (b) 보설치전·후 모의결과(COD)

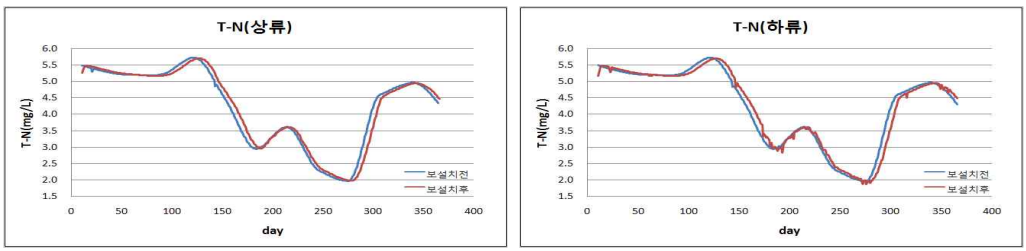

그림 4 (c) 보설치전·후 모의결과(T-N)

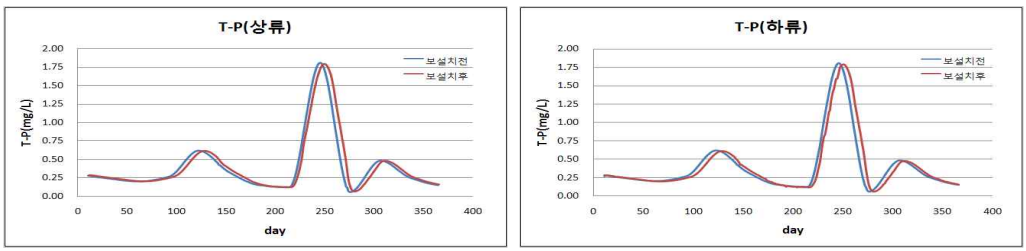

그림 4 (d) 보설치전·후 모의결과(T-P)

표 2. 보 설치 전 · 후 수질항목의 증감량(계속)

월	DO			COD		
	최대 증감량	최소 증감량	평균 증감량	최대 증감량	최소 증감량	평균 증감량
1	▽1.851	▽0.960	▽1.236	▽1.699	▽1.400	▽1.551
2	▽1.930	▽0.858	▽1.176	▽3.167	▽1.641	▽2.539
3	▽2.506	▽1.930	▽2.322	▽3.167	▽1.641	▽2.539
4	▽2.670	▽1.498	▽1.905	▽2.769	▽1.997	▽2.499
5	▽3.421	▽2.196	▽2.924	▽2.604	▽0.629	▽1.419
6	▽2.836	▽2.052	▽2.307	▽2.525	▽1.041	▽1.809
7	▽2.824	▽0.199	▽1.278	▽2.145	△0.011	▽0.448
8	▽1.773	▽1.121	▽1.455	▽1.017	▽0.229	▽0.602
9	▽2.562	▽1.645	▽1.928	▽1.843	▽0.938	▽1.310
10	▽2.375	▽1.701	▽2.071	▽1.405	▽0.987	▽1.219
11	▽1.811	▽1.500	▽1.574	▽1.331	▽1.155	▽1.194
12	▽2.076	▽1.493	▽1.725	▽1.198	▽0.818	▽1.009

월	T-N			T-P		
	최대 증감량	최소 증감량	평균 증감량	최대 증감량	최소 증감량	평균 증감량
1	▽0.323	△0.108	△0.018	▽0.008	△0.013	△0.009
2	△0.015	△0.051	△0.035	△0.005	△0.010	△0.009
3	▽0.044	△0.018	▽0.010	▽0.019	△0.004	▽0.009
4	▽0.143	▽0.047	▽0.109	▽0.095	▽0.019	▽0.066
5	▽0.061	△0.344	△0.159	▽0.044	△0.073	△0.037
6	△0.043	△0.385	△0.294	△0.013	△0.052	△0.037
7	▽0.261	△0.125	▽0.026	▽0.009	△0.017	△0.003
8	▽0.052	△0.198	△0.112	▽0.295	▽0.000	▽0.170
9	▽0.094	△0.131	△0.063	▽0.174	△0.453	△0.274
10	▽0.683	△0.015	▽0.410	▽0.108	△0.150	▽0.057
11	▽0.298	▽0.048	▽0.088	▽0.044	△0.047	△0.027
12	▽0.079	△0.184	△0.066	△0.009	△0.032	△0.017

4. 결론

본 연구는 4대강 살리기 사업 가운데 하나인 달성보를 대상으로 3차원 수리수질동역학 모형인 EFDC를 활용하여 수질개선효과를 확인하였다. 아직은 수자원분야에서 생소한 모형인 EFDC는기존의 보와 같은 수공구조물에 의해 정체된 흐름을 고려하고, wet/dry 현상을 모의할 수 있다는 측면에서 기존의 1, 2차원 모형과 차별된다. 한편, 입력자료 구축시 월자료로 제공되는 수질항목 자료를 좀 더 정밀하게 모의하고자 3차 spline법을 사용하여 일자료로 내삽하였다. 그러나 월단위 자료의 특성상 특정시기에 추가로 유입되는 오염원까지는 고려할 수는 없는 문제는 존재한다. 그렇기 때문에 EFDC 모형과 같은 3차원의 다양한 매개변수와 복잡한 격자를 입력자료로 하는 모델의 경우 정확도 향상을 위해 수차례 측정한 수질 측정값이 필요할 것으로 판단된다.

모의결과 DO, T-N, T-P는 모의값이 관측값을 잘 반영하는 경향을 보이나, COD는 모의값과 관측값에서 다소 차이를 보였다. 이는 EFDC 모형에 입력되는 다양한 매개변수들의 영향을 받기 때문으로 향후 모의결과의 신뢰성을 향상시키기 위해 정확한 매개변수의 추정이 필요할 것으로 판단된다. 한편 하천의 특성상 수심이 얕고 모의구간이 짧기 때문에 상류와 하류의 수질 모의결과는 큰 차이를 보이지 않았다. 한 지점에서 보았을 때 DO는 다소 감소하는 경향이 있으나 COD의 경우 연평균 1.911mg/L 감소하는 것으로 나와 수질이 개선된 것으로 나타났다. 시기별로 살펴보면, 갈수기시 보로 인해 유량이 확보되면서 수질이 개선되는 것으로 나타났고, 이에 반해 홍수기시에는 개선효과가 미비했다. 고정보를 가정한 한계는 있지만, 본 연구로부터 달성보 설치에 따른 수질개선효과를 확인할 수 있었으며 고정보가 아닌 가동보에서의 효율적인 운영시 높은 수질개선효과가 기대될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부(2010), 2009년 수문조사연보.
2. 환경부 (2010), 물환경정보시스템.
3. 이동주 (2009), EFDC 활용길잡이, 구미서관
4. Zhen-Gang JI(2008). Hydrodynamics and water quality. Hoboken, N.J. : Wiley-Interscience.