

하천 내 하중도 설치에 따른 수리학적 특성 변화 연구

Study on Hydraulic Characteristics according to Construction of Channel Island in a Stream

박성천*, 노경범**, 진영훈***, 이한민****, 김재형*****

Sung-Chun Park, Kyong-Bum Roh, Young-Hoon Jin, Han-Min Park, Jae-Hyung Kim

요 지

하천 형상은 자연적인 흐름과 인간의 활동에 의해 다양한 형태로 변화되며, 이러한 변화과정을 통해 안정된 형상을 갖추어간다. 이러한 변화는 흐름과 상호작용 과정을 통해 진전되며, 하천의 형태를 변화시키는 흐름 또한 저수로 형태 및 수량적인 변화 등에 의해 다양한 특성을 갖게 된다.

본 연구에서는 하천 내의 형태가 인간의 활동에 의해 인공적으로 변화되었을 경우 하천의 수리학적 특성에 미치는 영향을 3차원 수치해석 모형인 EFDC(Environmental fluid Dynamics Code, 미국 버지니아 해양연구소 개발) 모형을 이용하여 검토하였다. EFDC 모형은 크게 유동, 퇴적물 이송, 수질의 세 부분으로 구성되어 있으며, 유동 모델은 수온과 염분이 고려된 3차원 천수방정식을 기본으로 하고 있다. EFDC 모형의 적용을 위한 Case1은 일반적인 저수로 형태 갖는 하천이며, Case2에서는 하천 저수로 내 인공적으로 하중도가 설치되었을 경우에 대하여 수리학적 특성을 모의하였다.

수치모의 결과 다음과 같은 결과를 확인 할 수 있었다. 수위변화는 하중도 유무에 따라 상하류 부분에서 전혀 다른 결과를 나타냈다. 유속분포는 Case1에 비하여 Case2의 경우 하중도 설치에 의해 하천의 상류부에서는 흐름의 정체부분이 나타났으며, 하류부에서는 급확대에 의한 유속의 감소가 나타났다. 그리고 하중도에 의해 저수로가 분기됨에 따라 저수로의 급축소부가 발생되고, 이로 인해 유속이 급속히 증가되었다. 본 연구의 Case2와 같이 하천에 하중도를 설치할 경우 만곡부 외측 부분에서는 유속의 현저한 증가가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같이 하중도의 설치 위치, 하중도의 규모 등에 따라 하중도 부분의 급격한 수위 및 유속 변화가 발생하는 것을 확인하였으며, 만곡부에 이와 같은 것을 설치할 경우 보다 정밀한 수리계산을 통해 안전성이 확보되는 하중도 설치가 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 하중도, EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code), 수리특성

1. 서 론

- * 정회원 · 동신대학교 토목공학과 교수 · E-mail : psc@dsu.ac.kr
- ** 정회원 · 전남발전연구원 환경·해양연구팀 연구원 · E-mail : kbyj3711@jeri.re.kr
- *** 정회원 · 동신대학교 공업기술연구소 연구교수 · E-mail : nmdrjin@gmail.com
- **** 정회원 · 광주광역시 종합건설본부 · E-mail : jollee@korea.com
- ***** 정회원 · 동신기술개발주식회사 전무이사 · E-mail : cis1217@chol.com

국내에는 4대강을 중심으로 많은 국가하천과 소하천이 존재하며, 이러한 하천의 이·치수 관리를 위해 각각 관리 주체들은 경제적, 시간적으로 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 하천 관리에 있어서 하천의 외적인 선형 변화, 하천내의 변화에 의해 흐름의 특성은 다양한 형태로 변화되며, 이치수에 있어 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 하천의 치수적인 면에 있어 필수적인 하천내의 변화에 따른 흐름의 수리특성 변화를 3차원 수치모델을 이용하여 분석하였다. 본 연구에서 이용한 수치해석 모델은 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code, Hamric, 1992) 모델이며, EFDC 모델은 하천, 호소, 하구와 해안 등의 1차원~3차원 모의가 가능하다.

EFDC를 이용한 연구로는, 장흥호에 대한 유동해석(박성천, 2009), 새만금호 완공에 따른 수질변화를 모의(이화영, 2008)하기 위해 수질모델의 수리변수를 이용한 경우와 정상상태 수질모델링 오차 원인 분석을 위해 EFDC 및 수질 모델인 WASP7.2를 동시 적용(유하나, 2007)을 하여 검토하는 등의 연구가 있다. 저수지에 EFDC를 적용한 연구로는 전라북도의 용산저수지에 EFDC와 WASP7.2를 이용하여 수리·수질 모의를 실시한 것(윤진혁, 2007)이 있다. 기존의 연구와 같이 EFDC를 이용한 연구는 대부분 호소에 대한 수질모의에 이용될 수리변수를 산정하는데 주로 이용하고 있다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이와 같이 수질모의를 위한 수리모델이 아닌 하천의 만족부에서 3차원 수리특성을 파악하기 위해 EFDC 모델의 적용하였다.

2. 3차원 수치모델 및 대상하천

2.1 3차원 수치모델

본 연구에서는 EFDC(Environmental fluid Dynamics Code, 미국 버지니아 해양연구소 개발) 모델을 이용하여 하천 만족부에서의 하천내 변화에 따른 수치모의를 실시하였다.

그림 1, 그림 2에 나타난 것과 같이 EFDC 모델은 크게 유동, 퇴적물 이송, 수질, 독성의 4부분으로 구성되어 있으며, 유동 모델은 6개의 모듈로 구성되어 수온과 염분이 고려된 3차원 천수방정식을 기본으로 하고 있다.

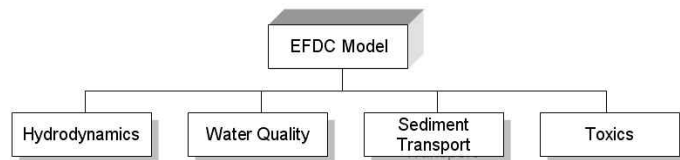


그림 1. EFDC 모델 구조

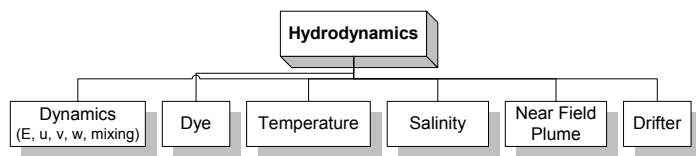


그림 2. EFDC Hydrodynamic module

EFDC 모델에서는 수평방향의 경계조건을 나타내기 위해 수평좌표계인 x, y 좌표를 고려하며, 수심방향으로 정역학적 해를 얻기 위해서 다음 식과 같은 Sigma(stretching) Transformation이 이용된다.

$$z = \frac{(z^* + h)}{(z_s^* + h)}$$

2.2 대상하천 및 모형 구축

본 연구의 대상 하천은 광주광역시에 위치한 용산천으로 하천 길이 1.5km 정도의 소하천으로

영산강으로 유입되는 하천이며, 계산에 이용된 구간은 만곡부 구간을 중심으로 300m 구간에 대해 수치계산을 실시하였다. 표 1에 계산 격자 및 상·하류 경계조건을 나타냈으며, 그림 3, 그림 4는 Case1, Case2에 대해 구축된 계산 격자의 표고값을 나타낸 것이다. 그림 4에 나타낸 바와 같이 하중도의 위치는 상류로부터 80m~150m 구간에 존재한다. 상·하류 경계조건인 유량 및 수위 조건은 용산천의 30년 빈도 홍수량 값을 이용하였다.

표 1. 모형의 구축 및 경계조건

구 분	Cell size	Cell 간격	계산매개변수	유량(m ³ /s)	수위(E.L)	하중도유무
Case1	#Rows : 33 #Cols : 13	Δx=1.4m Δy=12m	시간간격(dt) = 0.01s 계산 기간 : 1 days Water Layers=8	78	23.1	무
Case2	Active: 300					유

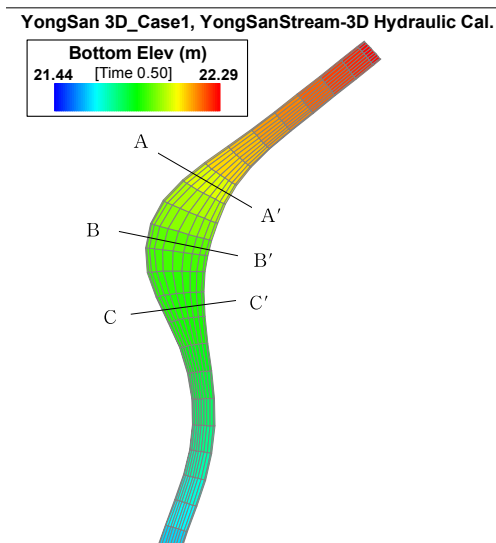


그림 3. Case1(하중도없음)

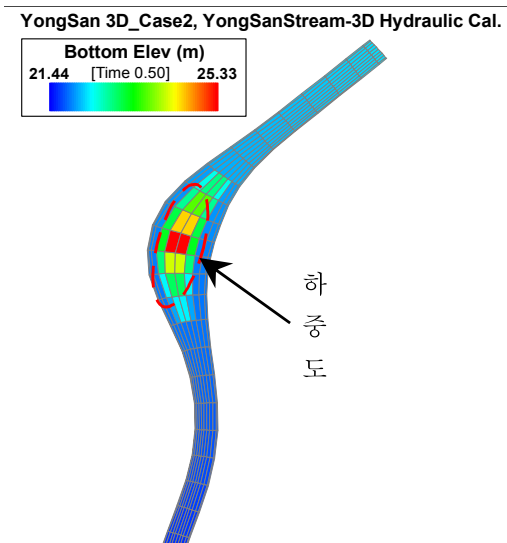


그림 4. Case2(하중도존재)

3. EFDC 적용 결과

3.1 수리특성 모의 결과

그림 5 ~ 그림 6은 소하천 내 하중도의 유무에 대한 3차원 수치해석 결과 얻은 수위 값을 도시한 것이며, 그림 7은 수치해석으로부터 얻은 평면유속을 나타낸 것이다. 그림 3에 나타낸 것과 같이 수위 분석은 3개 단면에 실시하였으며, 여기서 AA'단면은 하중도 상류, BB'단면은 하중도 단면 그리고 CC' 단면은 하중도 하류부분이다. 그림 5에 나타낸 것과 같이 수위의 평면분포는 하중도가 존재하는 Case2의 상류부의 수위가 Case1에 비해 급격히 상승되는 것과 하중도 직하류에서 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는 하중도에 의해 흐름이 방해됨에 따라 상류부에서 급격한 수위 상승이 발생되었으며, 하류부에서는 하중도에 의해 급축소되었던 통수단면이 급확대됨에 따라 급격한 수위 하강이 발생된 것으로 나타났다. 그림 6(a)의 AA'단면의 경우 Case2의 중앙부분에서 특히 급격 수위 상승이 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이는 하중도의 영향이 상류부의 수위에 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고, 만곡부 외측에서 최대수위 또한 Case1 24.10m,

Case2 24.26m로 16cm이상 차가 발생하고 있음을 알 수 있다. 그림 6(b) BB' 단면의 경우 Case2는 하중도 중앙부분으로 Case1은 완만한 경사의 수위 양상을 나타내지만, Case2는 만곡부 내측에서 급격한 수위 상승을 확인할 수 있는데 이는 이 부분이 새로운 만곡부를 형성하는 형태를 갖음으로 이 영향에 의해 급축소, 만곡부부 형성의 작용에 의해 다른 부분에 비해 수위 상승 폭이 큰 것으로 판단된다. 그림(c) CC' 단면은 하천의 하류부에 해당하며, Case1의 경우 이차류의 영향에 의해 만곡부 내측의 수위가 외측의 수위보다 크게 나타나고 있다. 그리고 Case2는 하중도 직하류 중앙부분이 하중도의 영향에 의해 수위가 U자 형태로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

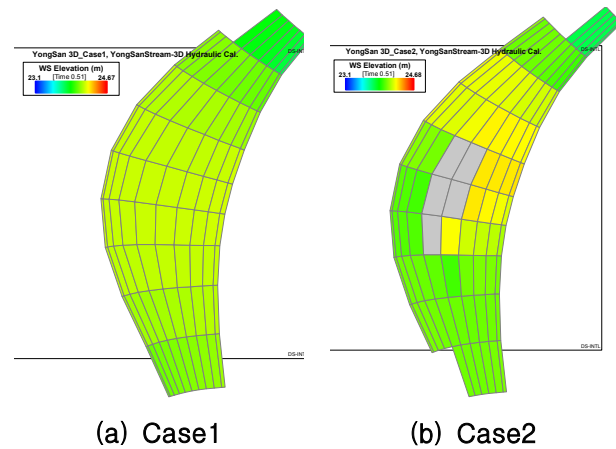


그림 5. Case별 수위 분포도

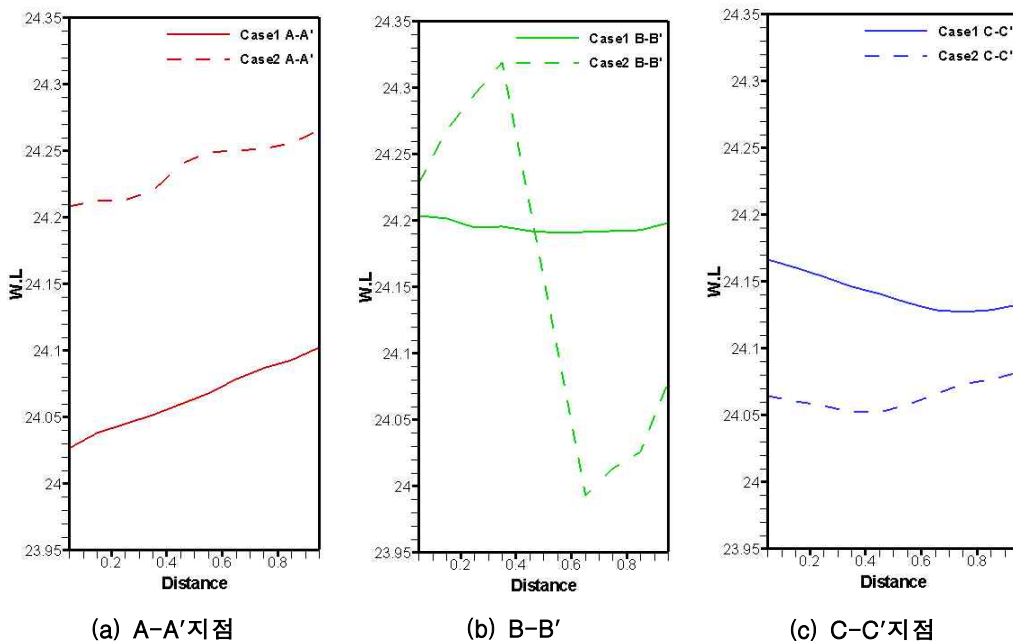


그림 6. 지점별 수위 분포도

그림 7은 Case1, Case2에 대한 수치해석 결과 도출된 평면 유속분포를 나타낸 것이다. 그림에 나타낸 바와 같이 하도내 수층부는 Case1의 경우 만곡부 부분에 발생되고 있지만, Case2의 경우 만곡부에 설치된 하중도의 영향에 의해 수층부의 위치가 하중도 하류인 만곡부를 넘어난 지점에 약하게 나타나는 것을 알 수 있다. Case2에서 유속이 가장 빠른 부분은 하중도가 설치된 만곡부 내측에서 가장 큰 값을 나타냈다. 수치계산 결과 만곡부 내 하중도가 설치된 Case2의 만곡부 내에서 급축소부가 형성되며, Case1의 경우보다 좌우안에서 약 30% 정도의 유속 상승 효과가 발생하였다. 수층부의 위치는 Case2에서 하류부로 이동되었으며, 유속은 28% 감소시키고 있다. 전체적인 유속분포는 Case1은 Case에 비해 급확대부에 해당되어 유속이 Case2보다 낮은 값을 보였다.

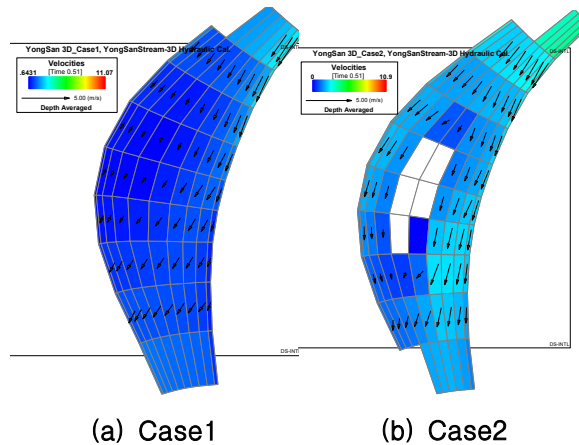


그림 7. Case별 유속벡터도

4. 결 론

본 연구에서는 소하천 만곡부 내 하중도 유무에 따른 흐름 해석을 위해 3차원 EFDC 모델을 이용하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

Case1의 경우 이차류의 영향에 의해 만곡부 외측에서 수위가 가장 큰 값을 나타내고 있으나, Case의 경우 수위의 상승, 하강의 위치가 하중도의 영향에 의해 다른 양상을 나타냈다. 또한, 만곡부 내 하중도의 설치에 따라 수층부의 이동 및 수층부에서의 유속이 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 좁은 하폭에서의 하중도 설치는 만곡부 내의 급속소부를 형성하게 되고, 수위 및 유속분포는 하중도가 존재하지 않는 경우와 다른 양상을 나타냈다.

이와 같이 하중도의 설치 위치, 하중도의 규모 등에 따라 하중도 부분의 급격한 수위 및 유속 변화가 발생하는 것을 확인하였으며, 만곡부에 이와 같은 것을 설치할 경우 보다 정밀한 수리계산을 통해 안전성이 확보되는 하중도 설치가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 박성천, 노경범, 진영훈, 박동진(2009). EFDC 모델을 이용한 장흥호 유동 해석, 한국수자원학회 2009년도 학술발표회 초록집, pp. 2033-2037
2. 유하나(2007), 3차원 수리동역학 모델 EFDC 및 수질모델 WASP7.2 동시 적용을 통한 정상상태 수질모델링 오차 원인 분석, 충남대 대학원, 석사학위논문
3. 윤진혁(2007), 3차원 수리동역학 모델 EFDC-HYD와 WASP7.2를 이용한 저수지 수리·수질모의에 관한 연구, 충남대 대학원, 석사학위논문
4. 이화영(2008), 새만금호 완공에 따른 수질변화 모의, 군산대 대학원, 석사학위논문
5. Paul M. Craig, P.E.(2008), User's Manual for EFDC_Explorer: A Pre/Post Processor for the Environmental Fluid Dynamics Code(Rev 00c), Dynamic Solutions Intl, LLC
6. The Environmental Fluid Dynamics Code Theory and Computation Volume 1: Hydrodynamics and Mass Transport(2007), Tetra Tech, Inc.,
7. The Environmental Fluid Dynamics Code User Manual US EPA Version 1.01(2007), Tetra Tech, Inc.,