

낙동강 하도준설에 따른 수리특성 분석

Analysis of Hydraulic Characteristics According to Dredging Operation in the Nakdong River

안정민*, 광성현**, 이경수***, 류시완****
Jung Min Ahn, Sunghyun Kwak, Kyungsu Lee, Siwan Lyu

요 지

본 연구에서는 4대강 살리기 사업으로 인한 물리적 환경변화와 그에 따른 하천수위 저하 효과분석을 위하여 3차원 수리동역학 모형인 EFDC를 채택하였다. 대상구간은 낙동강수계로 선정하였으며 준설 전·후 지형 및 다기능보 제원은 4대강 살리기 사업 실시설계보고서를 바탕으로 조사하였다. 낙동강 수계 8개 다기능보의 가동보는 모두 개방하는 조건으로 구축하였으며 계획홍수량 조건에서의 수리특성을 모의한 결과, 수위저하 효과는 평균적으로 1.56 m인 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 낙동강, 하도준설, EFDC, 수위저하

1. 서론

홍수로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위해 하천의 수리특성분석에 관한 많은 국내외 연구가 수행되고 있다. 하천의 수리적 특성 분석방법에는 수문학적 방법과 수리학적 방법이 있으며, 통상 둘을 병행하여 수리특성을 분석하고 있다. 그러나 수문학적 홍수추적방법은 물리적인 방법이라기보다는 개념적인 방법이기 때문에 과거에 누적된 홍수자료로부터 필요한 정보를 통계적 방법으로 구하게 되므로 기왕 홍수사상에 대한 충분한 자료가 제공되지 않는다면 분석결과와 신뢰도가 저하되는 문제점이 있다. 특히 수문학적 방법 기반의 분석모형은 관측 수위표에서의 수위-유량관계곡선을 이용하여 흐름을 예측하기 때문에 수위관측소 이외의 지점에서는 수위 예측이 곤란하게 되며 대상구간 전체에서 발생하는 수리학적 특성을 제시할 필요가 있는 치수계획을 수립하는데 한계가 있을 수 있다.

우리나라는 제방축조 위주의 치수대책으로 인하여 치수 위험도가 증가하고 있고 이에 대한 대응책으로 준설에 의한 홍수방어능력 증대를 제안하고 있다(국토해양부, 2009). 4대강 살리기 사업은 이러한 치수능력 증대사업의 일환으로, 홍수피해를 방지하고 홍수위를 저감시키기 위해 하도준설을 실시하고 있다. 그러나 대규모 하천공사 시행과 더불어 홍수기 하천의 흐름을 방해할 수 있는 가물막이와 같은 수리시설물 설치의 공사기간 중 홍수재해 위험성을 증가시키고 있으며 준설에 따른 급격한 하천단면 변화는 기존의 수위-유량 관계곡선식의 신뢰도를 저하시켰다. 이러한 급격한 변화에 따른 예측 불가능한 피해를 최소화하기 위해서는 하천에서의 흐름특성에 대한 정확한 조사 및 분석이 필수적이고 발생할 수 있는 재난에 선제적으로 대응하기 위해서는 정밀한 수리특성분석이 필요하다.

* 정회원 · 창원대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 · E-mail : ahnjm80@gmail.com

** 정회원 · 창원대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 · E-mail : greatdck@nate.com

*** 정회원 · 창원대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 · E-mail : kidhan@lycos.co.kr

**** 정회원 · 창원대학교 공과대학 토목공학과 부교수 · E-mail : siwan@changwon.ac.kr

본 연구에서는 강 중심의 지역발전, 친수환경조성, 유기적 홍수방어 및 풍부한 수자원확보를 목적으로 신설되는 하천시설 공사 세부설계에 필요한 수리적 정보를 얻기 위하여 다기능 보의 상·하류와 합류부 등의 제반 수리현상에 대한 수치모의를 수행하고 지형 변화 및 수리구조물에 따른 수위저하효과를 검토하였다.

2. 모형구축

다기능보는 일부 구간은 고정보, 나머지 구간은 가동보로 하는 복합형식의 보로서, 수위를 높여 수심을 유지하거나 유량을 조절하여 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위해 하천을 횡단하여 설치하는 시설을 말하며, 가동보와 고정보, 보 물받이 및 상·하류 바닥보호공으로 구성된다. 다기능보 제원을 반영한 다차원 모형을 구축하기 위해 가장 중요한 자료는 물리적 실제 지형을 정확히 재현할 수 있는 3차원 지형도이다. 특히, 하천의 경우 주수로와 홍수터가 존재하여 두 구간내 큰 표고차가 발생하는 등 지형의 급격한 변화가 존재한다. 또한, 하도내에 존재하는 섬인 하중도와 각종 수리구조물은 유수의 흐름을 크게 바꿔놓을 수 있기 때문에 지형구축시에는 이러한 특징들을 종합적으로 고려해야 한다. 실제 지형을 정확히 재현하기 위해 중방향 20 m 간격으로 측량된 자료를 이용하여 주수로를 고려한 3차원 정밀 지형을 구축하였다. 안정민과 박인혁(2012)은 지형자료의 해상도와 공간보간기법에 따른 다차원 수리모형의 유출특성을 평가하였으며 본 연구에서 채택한 20 m 간격의 측량 자료는 수치모의를 위한 지형자료로 타당할 것으로 판단된다. 대상 구간에 건설된 다기능보 제원을 반영하기 위해 낙동강수계 8개의 각 다기능보의 고정보 및 가동보의 제원을 조사하여 모형에 적용하였다(그림 1과 표 1). 일반적으로 격자해상도가 증가하면 계산시간이 증가하기 때문에 다기능보의 보제원을 상세 입력 가능한 범위에서 격자 크기를 결정하기 위해 안정민 등(2012)이 제안한 격자해상도 산정방법을 토대로 적절한 수준의 정확도와 계산시간을 확보할 수 있는 격자망을 구성하였다. 또한, 그림 1(b)에 도시된 바와 같이 가동보의 수문크기를 고려하여 격자를 구성하였다. 격자구성은 경계별 분할 기법과 직교계산을 할 경우 중횡비를 수정하는 보간법이 포함되어 있고, 경계선에서 이동경계조건 기법이 적용되어 있어 만곡 또는 급확, 급축이 반복되는 형태의 하천이라도 직교성이 높은 격자망 작성이 가능한 Qmesh(허영택 등, 2010)를 이용하였다. 8개 다기능보의 구축현황은 그림 2와 같다.

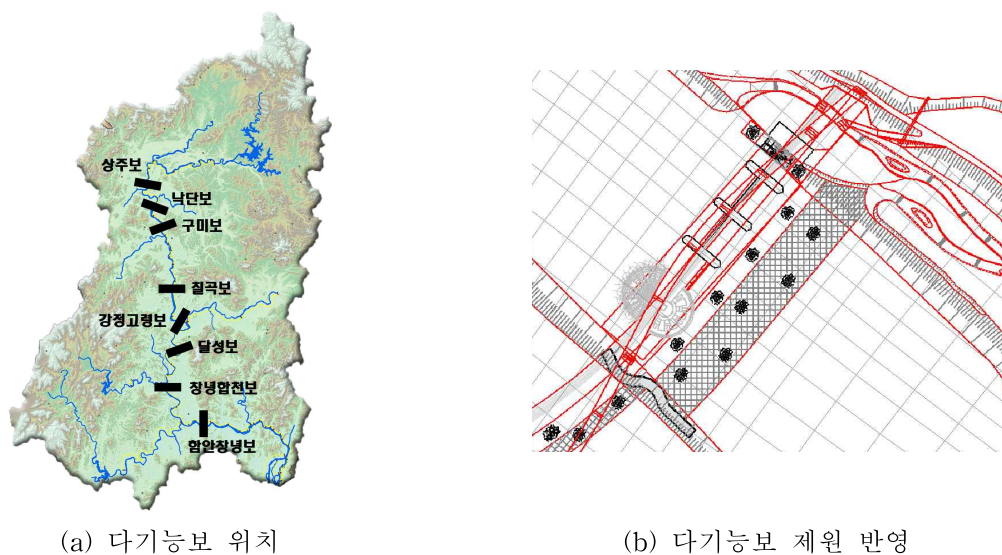


그림 1. 모형 구축 자료

표 1. 낙동강수계 8개 다기능보 제원

다기능보	고정보	가동보
상주보	길이 : 459 m, 월류 높이 : EL. 47 m	롤러게이트 6문(B= 15 m, H= 10 m)
낙단보	길이 : 232.5 m, 월류 높이 : EL. 40 m	셀롤러게이트 3문(B= 40 m, H= 10.7 m)
구미보	길이 : 270.8 m, 월류 높이 : EL. 32.5 m	셀롤러게이트 2문(B= 45 m, H= 9.5 m)
칠곡보	길이 : 168 m, 월류 높이 : EL. 25.5 m	셀롤러게이트 3문(B= 40 m, H= 11.3 m)
강정고령보	길이 : 833.5 m, 월류 높이 : EL. 19.5 m	가동보 2문(B= 90 m, H= 11 m)
달성보	길이 : 418 m, 월류 높이 : EL. 14 m	라이징섹터게이트 2문(B= 40 m, H= 8 m)
창녕합천보	길이 : 110 m, 월류 높이 : EL. 10.08 m	수문형 가동보 3문(B= 40 m, H= 7 m)
함안창녕보	길이 : 405.3 m, 월류 높이 : EL. 5 m	라이징섹터게이트 3문(B= 40 m, H= 3 m)

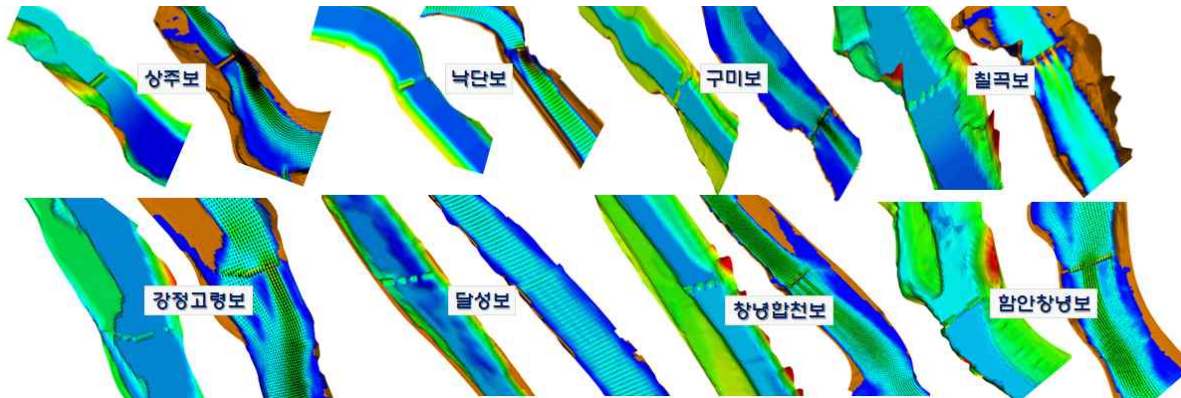


그림 2. 다기능보 주변 다차원모형 구축현황

3. 모형 적용

모형의 적용은 안정민 등(2011)이 개발한 다차원 정밀수리분석 시스템을 이용하여 분석을 수행하였다. 지형조건은 다기능보 건설 전과 후로 구분하여 구축된 모형을 활용하였으며 초기 수위는 거리에 따라 선형적으로 분포한다고 가정하였고 최소 수심은 0.01 m, 조고(roughness height, ks) 값은 0.01을 적용하였다. 흐름에 대한 하도의 저항정도를 표시하는 조도계수는 하천의 유량 및 수위를 결정짓는 가장 중요한 수치중의 하나이며 조도계수의 값에 의해 수위의 상승 및 하강이 결정된다. EFDC 모형은 흐름마찰과 관련한 계수로 조도계수(Manning's n)가 아닌 조고값을 채택하고 있다. 우효섭(2004)은 자연하천에서 조고값은 하상재료의 대표 입경과 연결시킬 수 있기 때문에 합리적이며 경계면 조도 높이의 1/6승에 비례하기 때문에 조도 높이 추정에서 큰 오차를 내도 그 결과에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 평가하였다. 따라서 하도내 준설에 따른 마찰계수의 차이는 EFDC 모형이 조고값을 채택하고 있기 때문에 고려하지 않고 동일한 값을 적용하였다. 기상조건에 따른 영향은 계산결과에 큰 영향을 미치지 않는다고 판단되어 고려하지 않았다. 난류해석 모형은 Smagorinsky(1963) 방법, 벽거칠기는 0.002, Wet/Dry 조건은 0.12/0.1 m, von Karman 상수는 0.41, 동점성계수는 $1.0 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{sec}$, 무차원 Momentum Diffusion은 0.01을 적용하였다. 상·하류 단 경계조건으로는 각 다기능보가 위치해 있는 대상구간의 계획홍수량 및 계획홍수위를 적용하였다. EFDC 모형의 Time Step은 모형이 안정적으로 구동될 수 있도록 1초로 설정하였다.

4. 모의 결과 및 검토

각 다기능보별 구축된 모형의 4대강 사업 전·후 면적고도곡선을 비교한 결과는 그림 3에 도시된 바와 같다. 전반적으로 준설에 따른 하도구간 내 체적이 증가하여 통수능이 증가한 것을 알 수 있다. 하지만 하도내 수리구조물인 다기능보 건설에 따라 흐름의 체류 현상과 흐름 변화가 발생하였기 때문에 추가적으로 다기능보 제원을 반영하여 수치 모의를 수행하였다. 다기능보가 건설되기 전 지형에 따른 수치모의는 안정민 등(2011)에 의해 부정류 흐름으로 기 수행되어 검증된 바 있다. 따라서 본 연구에서는 검증된 모형을 바탕으로 같은 조건에서 준설에 따른 지형의 변화와 새로 건설된 다기능보 제원을 반영하여 계획홍수량에 따른 다기능보 지점의 수위변화를 검토하였다. 적용된 계획홍수량과 수치모의 결과는 아래 표 2에 제시된 바와 같으며 수위저하 효과는 평균적으로 1.56 m인 것으로 분석되었다.

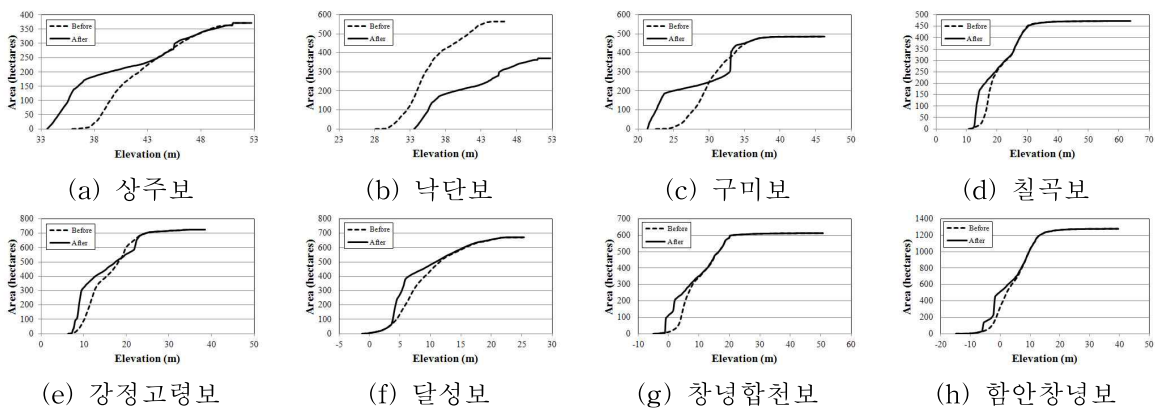


그림 3. 각 다기능보 별 면적고도 곡선

표 2. 낙동강 수계 준설 전·후 계획홍수량 유입에 따른 수위저하 효과

구분	상주보	낙단보	구미보	칠곡보	강정고령보	달성보	창녕합천보	함안창녕보
계획홍수량 (m ³ /sec)	11,100	12,500	12,500	13,200	13,200	14,300	14,600	16,600
저감효과 (m)	0.4	3.8	2.6	0.1	0.7	1.3	1.4	2.2

5. 결론

본 연구에서는 4대강 살리기 사업으로 인한 물리적 환경변화와 그에 따른 하천수위 저하 효과분석을 위하여 낙동강 수계에 대해 3차원 수리동역학 모형인 EFDC를 이용하여 계획홍수량 조건에서의 수리특성을 모의하였다. 준설에 따라 하도내 면적과 체적이 증가하여 통수능이 증가한 것을 알 수 있었으며 다기능보의 건설에 따른 흐름 체류와 배수위 상승이 있었지만 낙동강 수계의 경우 수위저하 효과는 평균적으로 1.56 m인 것으로 분석되었다. 준설 후 단면으로 계획단면을 활용하였기에 향후, 건설 후 실측된 단면자료를 활용하여 정밀한 모의를 수행해야 하며 기왕 태풍사상에 대한 추가 검토가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 국토해양부 (2009). 4대강 살리기 마스터 플랜.

2. 안정민, 박인혁 (2012). 지형자료의 해상도와 공간보간기법에 따른 다차원 수리모형의 유출 특성 평가. 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 20권, 1호, pp. 43-51.
3. 안정민, 박인혁, 류시완, 허영택 (2012). 수리동역학적 모의를 위한 적정 격자해상도 산정방법. 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 20권, 1호, pp. 109-116.
4. 안정민, 허영택, 공정택, 강신욱, 김현식 (2011). 다기능보 주변 다차원 정밀수리분석 시스템 개발 및 적용. 대한토목학회 학술발표논문집. pp. 1920-1923.
5. 우효섭 (2004). 하천수리학, chap. 1.3, pp. 104-107 청문각.
6. 허영택, 류경식, 차기욱 (2010). 이동경계조건을 고려한 직교곡선격자 생성 기법 소개. 대한토목학회 학술대회논문집. pp. 2654.
7. Smagorinsky, J. (1963). General circulation experiments with the primitive equation, I. The basic experiment. Monthly Weather Review 91: 99-164.