용담댐 하류 만곡부의 하천정비사업에 따른 흐름특성분석

Analysis of Flow Variation due to River Improvement Project in Bends of the Yongdam Dam Downstream

김연수*, 이기하**, 김경파***, 정관수****

Yeon Su Kim, Gi Ha Lee, Kyoung Pa Kim,Dae Jin Jung, Kwan Su Jung

요 지

유역 내 효율적 수자원관리 및 이·치수 계획수립을 위해 수계별 혹은 지역별로 다양한 형태의 하천정비사업이 시행되고 있으며, 사업의 대부분은 통수능 확보를 위한 확폭 및 홍수피해방지를 위한 제방의 보강이 주를 이루고 있다. 그러나 이러한 하천정비사업 계획의 검토를 위하여 횡방향 흐름을 고려할 수 없는 1차원 HEC-RAS 모형이 주로 이용되고 있으며, 이는 만곡부와 같은 복잡한 흐름특성이 발생하는 구간에서의 정비사업 후 흐름특성 변화 및 하상의 안정성에 대한 평가를 위해 1차원 수치모형의 적용이 제약적임을 의미한다. 본 연구에서는 용담댐 하류부 대유리에 위치한 만곡부를 대상으로 2차원 수치모형인 CCHE2D를 이용하여 정비사업 전·후의 흐름특성 변화에 대한 분석을 수행하였다. 분석결과, 만곡부 정점부의 단면축소로 흐름의 통제가 발생하던 구간에서 정비사업 후 유속과 소류력이 감소되었으며, 상류측으로 수위가 크게 저하하였다. 또한, 정비사업 후 상류측에서 유속과 소류력의 증가가 관측되었으며, 만곡부 내측으로 유속과 소류력의 중심이 이동함에 따라 제방의 안정성에 영향을 줄 수 있음을 확인할 수 있었다. CCHE2D모형은 자연하천의 만곡부와 같은 복잡한 흐름이 발생하는 구간의 분석을 위하여 효율적으로 이용될 수 있으며, 모형 내 하상변동 모듈과의 연계모의를 통해 제방의 안정성 및 하상의 안정성 평가를 위한 수리학적 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : CCHE2D, 만곡부, 용담댐 하류, 하천정비사업

1. 서론

유역 내 효율적 수자원관리 및 이·치수 계획수립을 위해 수계별 혹은 지역별로 다양한 형태의 하천정비사업이 시행되고 있으며, 사업의 대부분은 통수능 확보를 위한 확폭 및 홍수피해방지를 위한 제방의 보강이 주를 이루고 있다. 그러나 무조건적인 제방의 보강은 경제적 손실을 유발할 뿐만 아니라 타 지역에서의 월류 혹은 세굴 등의 피해를 예방하지 못하는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 하천정비를 수행하기에 앞서 하천의 흐름특성과 하상변동 특성을 정확하고 효율적으로 예측하여야 한다. 특히 댐 하류하천에서는 기존의 흐름특성이 댐에 의하여 차단되어 흐름특성의 변화가 발생할 수 있으며, 홍수시 배수량에 따라 하류하천의 환경에 많은 변화가 발생할 수 있다.

또한 이광만 등(2009)은 댐에서 조절된 홍수량을 안전하게 하류로 배수시키는데 필요한 통수능을 충분히 확보하지 못하기 때문에 댐 건설 후 원래의 목적이나 목표를 달성하는데 어려움이 있음을 지적한 바와 같이 댐 운영에서의 어려움이 발생할 수도 있다. 본 연구의 대상구간인 용담댐

* 정회원・충남대학교 토목공학과 석사・E-mail: yeonsu0517@gmail.com

** 정회원・충남대학교 토목공학과 건설방재연구소 Post-doc 연구원・E-mail: leegiha@gmail.com

*** 정회원・충남대학교 토목공학과 석사과정・E-mail: jinjingbo@nate.com

**** 정회원・충남대학교 토목공학과 교수・E-mail: ksjung@cnu.ac.kr

하류와 같이 댐 하류의 하천정비사업이 수행되는 경우 계획방류량 혹은 계획홍수량이 발생할 때, 하류하천의 영향성을 분석할 수 있어야 한다. 따라서 CCHE2D모형을 이용하여 용담댐 하류하천을 대상으로 대상구간의 계획홍수량인 100년 빈도 홍수량에 대하여 하천정비에 따른 흐름특성 변화에 대한 분석을 수행하였다.

2. 대상구간 및 경계조건

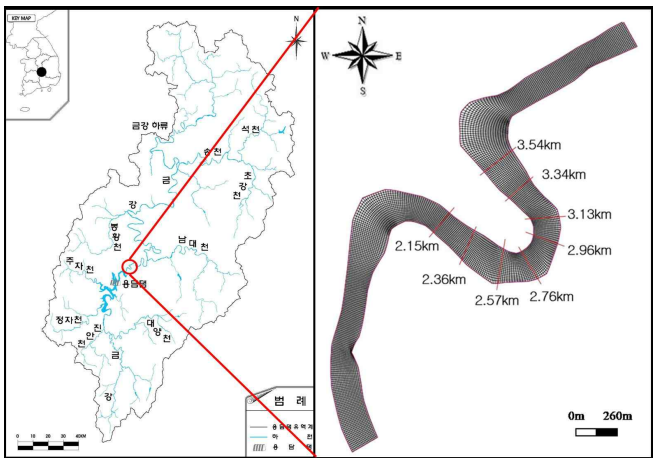
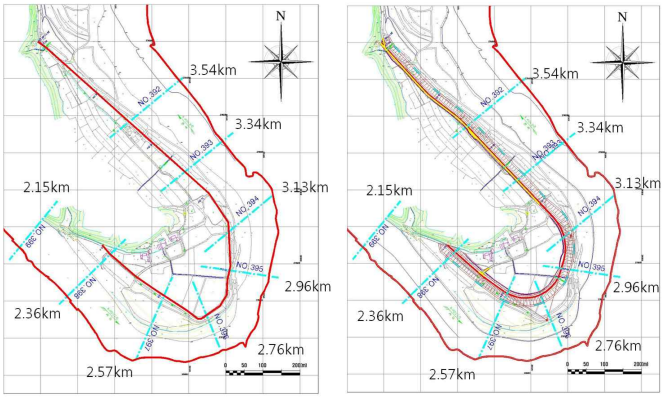


그림 1. Drainage Basin Map of Yongdam Dam Downstream (국토해양부, 2008) and mesh for CCH2D application

그림 1은 모형적용 및 해석을 위한 대상구간으로써 전라북도 무주군 부남면 대유리에 위치한 지역이며, 용담댐 하류방향으로 8km에 위치한 지점으로 덤덜교에서 대티교까지 총 연장은 5.1km이다. 제방이 형성된 일부구간은 여유고가 부족하며, 현재 하폭이 105~250m로 하폭이 상하류 구간에 비해 협소하여 홍수범람 피해가 우려되는 지구이다(한국수자원공사, 2009).

따라서 상·하류의 원활한 유수소통을 위한 적정 통수단면으로 확폭(계획하폭 140~250m) 및 하도준설이 계획된 구간이다. 그림 2의 만곡 내측의 붉은색 선은 제방의 위치를 나타내며 (a)는 현 제방 위치, (b)는 계획 제방의 위치를 보여준다. 그림 2(b)의 제방선 내측의 제방 하단부 표고에 따라 수평하게 제외지의 준설이 계획되었다. 대상구간의 설계홍수량은 100년 빈도인 2,900m^3/sec이고, 기존 계획홍수위는 시점부(덤덜교) EL.199.64m, 종점부(대티교) EL.190.1m이다.



(a) Before (b) After

그림 2. The Plan of channel improvement project (한국수자원공사, 2009)

「금강수계 하천정비기본계획(2002)」에 제시된 빈도별 설계홍수량과 빈도별 홍수위를 각각 상·하류 경계조건으로 사용하였으며(표 1), 난류문제의 종결을 위하여 k-ε모형을 이용하였다.

하천정비사업 전·후의 흐름특성변화 모의를 수행하기 위하여 8개의 대표단면(상류단에서 2.15km, 2.36km, 2.57km, 2.76km, 2.96km, 3.13km, 3.34km, 3.54km에 위치한 지점들)을 선정하였다. 그림 1.에 제시된 단면과 같이 배수효과를 분석하기 위한 만곡부 상류에 2개의 단면, 만곡부의 효과를 고려하기 위한 만곡부의 4개의 단면, 만곡의 영향이 종료되는 지점의 현상을 분석하기 위한 만곡부 종점부근의 2개의 단면을 선정하였다.

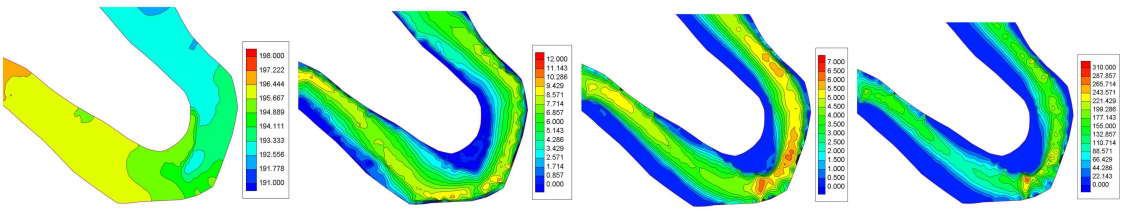
표 1. Boundary condition for simulation

구분	유량(m^3/s)	하류단 수위(m)	비고
Run-1	2900	190.1	제방건설 전
Run-2	2900	190.1	제방건설 후

*금강수계 하천정비기본계획 (건설교통부, 2002)

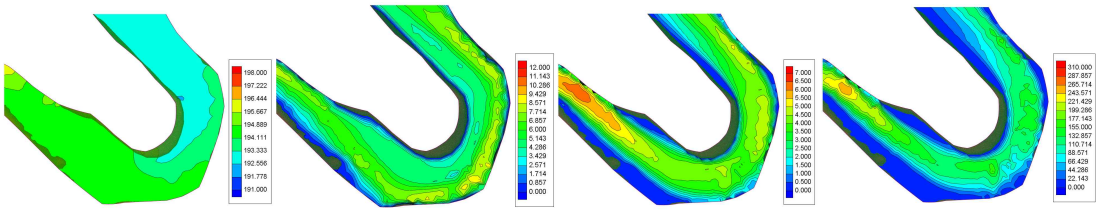
*용담댐하류하천 정비사업 (한국수자원공사, 2009)

3. 모의결과 및 분석



(a) Water level(m) (b) Water depth (m) (c) Velocity(m/s) (d) shear stress(N/m^2)

그림 3. The result before channel improvement project

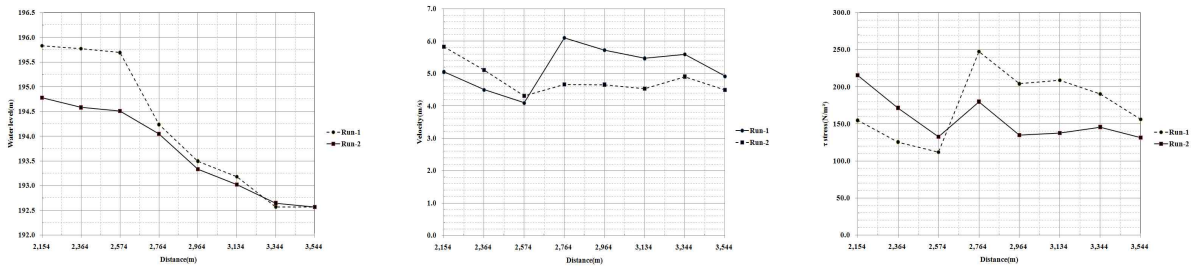


(a) Water level(m)　(b) Water depth(m)　(c) Velocity(m/s)　(d) shear stress(N/m^2)

그림 4. The result after channel improvement project

그림 3과 4를 통하여 하천정비사업 후 만곡부 상류에서는 수위저하와 유속의 증가가 발생하며, 만곡부에서는 유속의 저하 및 소류력의 저하가 발생하며, 최대 유속이 만곡 입구에서 내측으로 만곡의 출구에서는 외측으로 이동하는 현상을 확인할 수 있었다.

그림 5에 나타난 바와 같이 하천 정비사업 후(Run-2)의 경우 하천 정비사업 전(Run-1)에 비하여 사업을 수행한 전 구간에서 수위 저하효과가 발생하였다. 또한 2.36km지점에서 최대 1.68m의 수위 저감효과가 발생하는 것으로 나타났으며, 통수능이 부족하던 2.76km지점을 기준으로 상류에 전체적으로 수위저하가 발생한 것을 확인할 수 있었다.



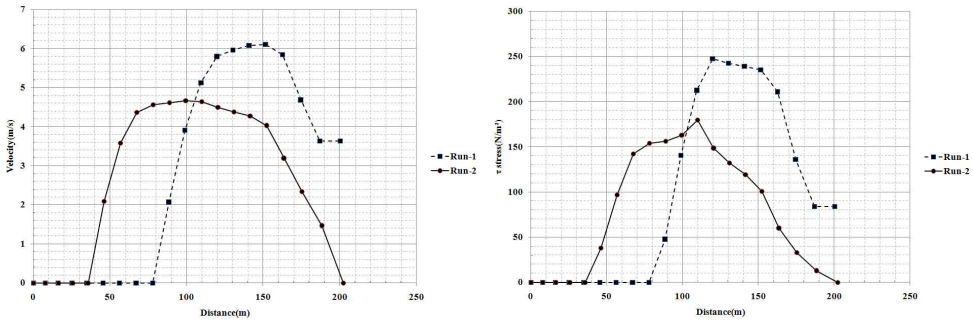
(a) longitudinal water level　(b) longitudinal maximum velocity　(c) longitudinal maximum shear stress

그림 5. Comparison of simulation results between Run-1 and Run-2

그림 5(b)와 같이 통수능이 부족하던 2.76km지점을 기준으로 상류로는 유속이 증가하는 현상이 발생하였고, 하류로는 유속의 저하가 발생하였으며 그림 5(c)와 같이 통수능이 부족하던 2.76km지점을 기준으로 상류로는 최대 소류력이 증가하는 현상이 발생하였고, 하류로는 최대 소류력의 저하가 발생하였다.

이와 같이 수위, 유속 및 소류력의 변화가 발생한 것은 통수능이 부족하던 구간에 대하여 준설을 수행하여 충분한 통수능을 확보하였기 때문이며, 상류 최대 유속과 최대 소류력이 증가한 현상을 통하여 준설로 인한 영향이 상하류로 전파됨을 확인할 수 있다. 따라서 장기적인 흐름변화와 하상변동을 고려한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단된다.

상기에 제시된 종단적 흐름특성 변화에 대한 검토와 더불어 만곡에 의한 효과가 크게 발생할 수 있는 2.76km지점에서의 유속 및 소류력 변화에 대한 검토를 수행하였다. 모의결과 그림 6과 같이 준설된 홍수터 단면을 따라 최대 유속과 최대 소류력이 이동하였으며, 이는 유속과 소류력의 이동에 따라 제방의 안정성에 영향을 줄 수 있음을 의미한다.



(a) velocity (b) shear stress

그림 6. Comparison of simulation results between Run-1 and Run-2 at 2.76km section

4. 결론

본 연구에서는 하천정비사업이 계획된 구간으로 만곡부 내측의 준설이 예상되는 지역에 대하여 정비계획 적용 전·후의 흐름특성 변화 분석을 비롯하여 제방고의 선정 및 안정성 평가를 위한 홍수위, 유속, 소류력 변화에 대한 검토를 수행하였다. 하천정비시 상류단의 수위감소가 발생하여 범람에 대한 안정성은 확보되었으나 제방의 횡적 이동에 따라 유속과 소류력의 분포특성에 변화가 발생하며 이에 따라 만곡부와 같이 횡적흐름의 크게 발생하는 곳에서는 제방에 영향을 줄 수 있음을 확인하였다. 또한 종적으로 역시 유속 및 소류력의 변화가 발생하여 하상의 특성 변화가 발생하였다. 본 연구에서 사용된 CCHE2D모형은 자연하천의 만곡부와 같은 복잡한 흐름이 발생하는 구간의 분석을 위하여 효율적으로 이용될 수 있으며, 모형 내 하상변동 모듈과의 연계모의를 통해 제방의 안정성 및 하상의 안정성 평가를 위한 수리학적 기초자료를 제공할 수 있다고 판단되며, 만곡부 흐름특성 변화에 대한 보다 정확한 수리학적 이해를 바탕으로 하천정비를 수행하는 것이 바람직하리라 판단된다.

감 사 의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업 [NEMA-09-NH-05] 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 (2002). 금강수계 하천정비기본계획
2. 국토해양부, 건설교통기술평가원 (2008). 하천교란백서(2008.06)
3. 김연수(2010). CCHE2D모형을 이용한 용담댐 하류의 만곡부 흐름특성 분석, 공학석사학위논문, 충남대학교 대학원
4. 이광만, 이을래, 이요상 (2009). " 댐과 하천정비사업의 연계 효과 분석", 한국수자원학회 학술대회논문집, pp.1616-1620
5. 한국수자원공사 (2009). 용담댐 하류하천 정비사업