

하천에서의 흐름변동 조사

Investigation of Current Fluctuation at a River

이현석*, 권형중**, 김영성***, 이근상****
Hyun-Seok Lee, Hyung-Joong Kwon, Young-Sung Kim, Geun-Sang Lee

요 지

항공사진을 이용하여 하천의 경년변화를 조사하다 보면, 사주 변동에 따라 하천의 주 흐름이 다양하게 변화되고 있음을 알 수 있다. 이처럼 특정 하천의 지정된 구간에서의 흐름변동은 많은 시간에 걸쳐 이루어진다. 바꾸어 말하면, 짧은 시간 동안 자연하천에서의 주 흐름 변화를 관찰 하기는 일반적으로 매우 어렵다. 본 연구에서는 이를이라는 짧은 시간 동안에, 하천에서의 주 흐름 변동에 따른 특성변화를 조사하였다. 이러한 조사는 “조정지 댐에서의 수문 조작”이라는 인위적인 방법을 동원함으로서 가능하였다.

모든 조정지 댐에서는 하천 유지를 위한 일정양의 물을 수문을 통하여 방류한다. 대청댐 하류에 있는 조정지 댐에는 폭이 약 10m에 이르는 10개의 수문이 있다. 평상시에는 우안으로부터 5번째에 있는 중앙의 수문을 개방하여 초당 약 18톤의 물을 방류한다. 그러므로 본 연구에서는 방류하고자 하는 지점의 수문높이를 조정하여 일정량을 유지한 채, 수문의 위치를 중앙에서 좌안 그리고 우안의 순으로 변경 하였다. 방류 수문 위치를 변경함에 따라 하천에서의 수리특성을 조사하기 위하여, 흐름이 안정 될 때까지 충분히 기다린 후, 각각의 경우에서의 하류지역을 대상으로 현지관측 및 수치실험을 실시하였다. 조사는, 첫째 지형측량, 유량측정 및 수위변동 등을 포함한 정밀현장조사, 둘째 일반적인 모델에 정밀조사 결과를 적용시킴으로서 얻을 수 있는 가시화 기법 개발 등의 순으로 진행하였다.

수치실험에 사용한 모델은 하천에서의 흐름거동을 2차원적으로 해석하는데 많이 사용되고 있는 상용프로그램인 SMS (Surface-Water Modeling System)의 RMA2 모형이다. 이모형은 RMA (Resource Management Associates, Inc.)에 의해 처음 개발된 2차원 유한요소 모델이며 지배방정식은 z방향을 수심 적분한 2차원 천수방정식으로, x와 y방향에 대한 Navier-Stokes 방정식과 연속 방정식으로 구성된다.

본 연구에서는 현장 조사 시 지배인자 파악의 중요성 및 수치계산을 위한 검증자료의 필요성을 강조하기 위하여, 일반적인 방법으로 수행한 계산 결과 및 다양한 현장 특성을 고려한 계산 결과를 비교 하였다. 그 결과 본 연구는 ①최신 장비들의 도입 및 검증과 기존 장비의 활용 범위 확대, ②기존의 상용 프로그램을 이용한 하천 흐름특성의 가시화 실현 등에 의의가 있다고 사료된다.

핵심용어: 흐름특성, 현장조사, 수온분포, 가시화

* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 공동연구원·E-mail : eehs2005@kwater.or.kr

** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 공동연구원·E-mail : kwonhj@hotmail.com

*** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원·E-mail : yskim@kwater.or.kr

**** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원·E-mail : ilovegod@kwater.or.kr

1. 서 론

본 연구에서는 하천에서의 흐름특성을 규명하기 위한 연구를 수행하였다. 즉, 단시간에 하천에서의 흐름특성 변화를 관찰하기 위해서는 인위적인 방법이 요구되었으며, 본 연구에서는 “조정지 댐에서의 수문 조작”이라는 수법을 동원하였다.

모든 조정지 댐에서는 하천 유지를 위한 일정양의 물을 수문을 통하여 방류한다. 대청댐 하류에 있는 조정지 댐에는 폭이 약 10m에 이르는 10개의 수문이 있다. 평상시에는 우안으로부터 5번째에 있는 중앙의 수문을 개방하여 초당 약 18톤의 물을 방류한다. 그러므로 본 연구에서는 방류하고자 하는 지점의 수문높이를 조정하여 일정량을 유지한 채, 수문의 위치를 중앙에서 좌안 그리고 우안의 순으로 변경하였다. 방류구 위치의 변화에 따라 하천흐름의 특성변동을 기대할 수 있었으므로, 흐름이 안정 될 때까지 충분히 기다린 후, 각각의 경우에 따른 하류에서의 수리특성을 조사하였다. 조사는, 첫째 지형측량, 유량측정 및 수위변동 등을 포함한 정밀현장조사, 둘째 일반적인 모델에 정밀조사 결과를 적용시킴으로서 얻을 수 있는 가시화 기법 개발 등의 순으로 진행하였다.

그림1은 현장 조사 시 지배인자 파악의 중요성 및 현장조사 시 특성자료 확보의 필요성을 강조한 본 연구의 순서도이다. 그림에서 보여 지듯이, 수치실험은 일반적인 방법으로 수행한 “일반 현상 재현”과 현장의 특성을 재현하기 위하여 여러 조건을 조정한 “특이현상 재현”으로 구분하였다.

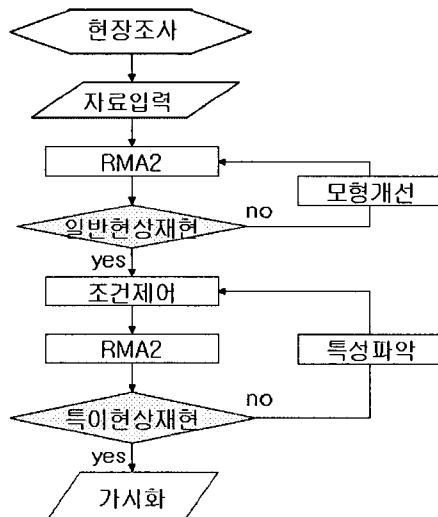


그림1. 연구 순서도

2. 현장조사

본 연구에서 수행한 현장조사의 대상지는 대청 조정지댐 방류수문으로부터 하류 지역으로 약 600m 구간을 선정하였다. 특히, 대청 조정지 댐 하류 200m 지점에 현도 지방 산업단지 취수장이 위치하고 있으며, 취수구의 건설로 인하여 이곳의 지형은 주변에 비해 용기되어있다. 이러한 지형적인 이유로, 대상지역의 흐름특성은 취수구 부근에서 결정되어진다고 판단하였으며, 그러한 이유로 이 부근에서 집중적인 관측을 실시하였다.

2.1 입력자료

입력자료는 모델의 요소망을 작성하기 위한 지형자료 및 경계조건을 결정하기 위한 상류단 유량 및 하류단 수위값으로 구분하였다.

2.1.1 지형 자료

지형측량은 Sokkia Powerset Totalstation을 사용하였으며, 취수구를 중심으로 횡단 측선별 측점 간격은 10m, 횡단간격은 취수장 부근에서는 20m 기타지역은 40m로 실시하였다. 특히, 지형변화가 현저하리라고 예상되는 지점에 대해서는 5m간격으로 정밀 지형측량을 실시하였다. 그림2는 측량 결과를 IDW (Inverse Distance Weighting)보간법으로 처리한 하천단면 분포도를 보여주고 있다.

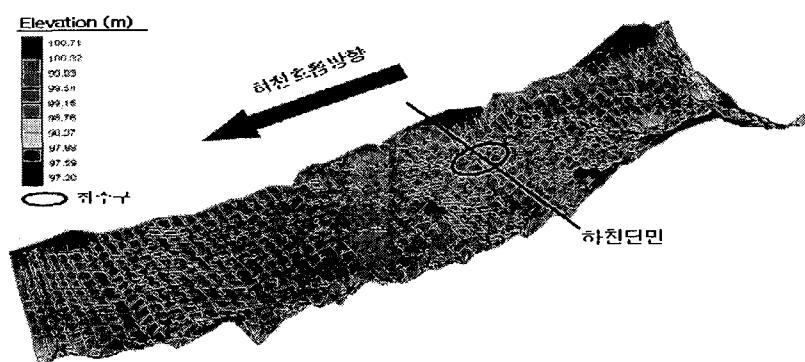


그림 2. 대상구간의 하상 형상

2.1.2 경계조건 자료

상류단 경계조건을 위한 유량측정은 StreamPro ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)를 이용하여, 수문방류 조건별 취수구 상류 4개 단면에서 실시하였으며, 하류단 경계조건을 위한 수위측정을 위해서는 독일의 OTT MESSTECHNIK GmbH & Co.가 제작한 Orphimedes (기포식 수위계)를 조정지댐 하류 600m 지점에 관측소를 설치한 후, 실험기간 내내 상시 모니터링을 실시하였다.

2.2 검증자료

계산결과 검증을 위해서는 그림2에 “하천단면”이라고 표시한 취수구 횡단면에서 모니터링한 수위자료를 활용하였다. 관측 장비는 독일의 OTT MESSTECHNIK GmbH & Co.가 제작한 Orphimedes (기포식 수위계)를 취수구 지점 횡단면의 좌안 및 우안 그리고 취수구 바로 앞 등 3 개 지점에서 5분 간격으로 수위 변화를 측정 하였고, 정밀한 수위변동 분석을 위하여 Alec Electronics Co., Ltd.의 Compact-WH 파고계 (초정밀수위계-1초간격 연속모드로 양안의 수위를 약 5시간동안 모니터링)를 취수구 단면의 좌안과 우안에 설치하였다.

참고로, 현장조사 결과는 동 학술지의 “방류수문 위치에 따른 조정지댐 하류의 취수영향 검토”에 자세히 보고 하였음을 밝힌다.

3. 수치실험

최근, 하천에서의 흐름거동을 2차원적으로 해석하는 연구에는 상용프로그램인 SMS (Surface-Water Modeling System)의 RMA2 모형이 많이 사용되고 있다 (Jennings (2003), Nielsen and Apelt (2003), Rao (2005), Rathburn and Wohl (2003), 홍성민 등 (2004)). 이모형은 RMA (Resource Management Associates, Inc.)에 의해 처음 개발된 2차원 유한요소 모델이며 지배방정식은 z방향을 수심 적분한 2차원 천수방정식으로, x와 y방향에 대한 Navier-Stokes 방정식과 연속 방정식으로 구성된다.

3.1 경계조건 자료 및 유한요소망 구축

RMA2 모형을 이용한 수리특성 모의를 위해서는 대상 하천구간의 상류단 및 하류단 경계조건이 필요하다. 상류단 경계조건으로는 대청 조정지댐의 방류량 자료를 사용하였으며 하류단 경계조건은 실측 하천수위를 사용하였다. 수리 모의를 위한 유한요소망은 대상 하천구간의 실측 측량자료를 이용하여 10m 간격으로 보간된 ASCII 파일을 입력한 후 보간 및 수정과정을 거쳐 유한요소망을 구축하였다.

3.2 모형 적용 결과

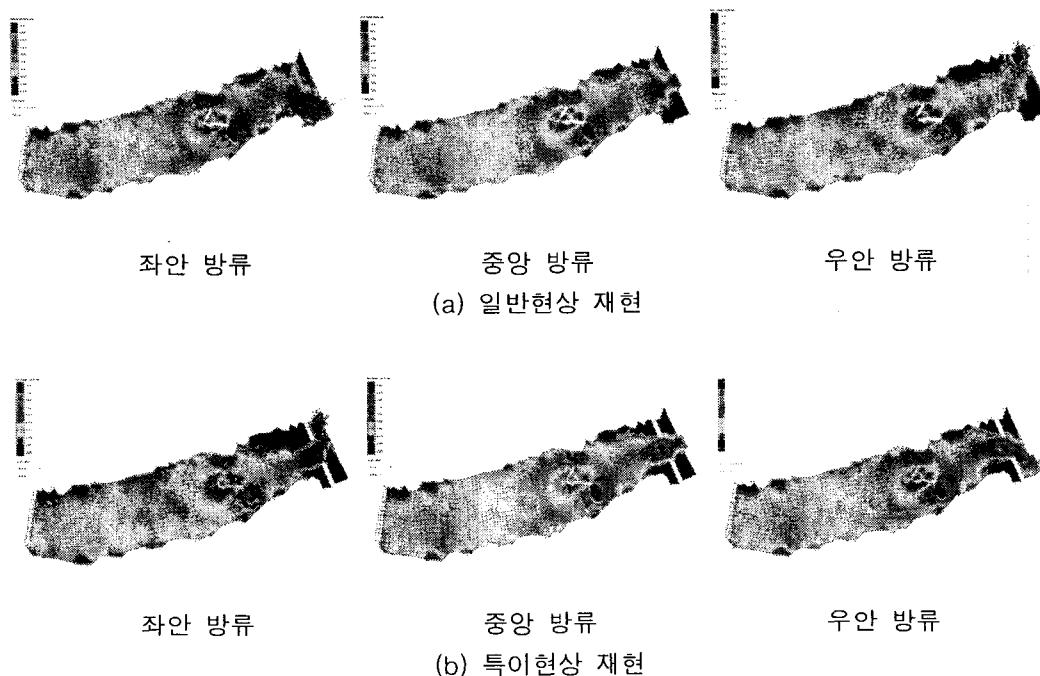


그림 3. 조정지댐 방류형태에 따른 하류부 유속분포

RMA2 모형을 이용하여 하천의 유속분포 및 수심분포를 모의하였다. 대청 조정지댐은 12.6 m^3/s 를 최소 방류량으로 규정하고 있으며 (한국수자원공사 (2004)), 평상시에 중앙에 위치한 수문으로부터 15 m^3/s 의 물을 방류하고 있다. 그림3은 3가지 방류형태에 따른 유속분포 모의 결과를

나타내고 있다. 모의는 조정지댐의 방류 형태에 따른 하류에서의 흐름 특성을 파악하기 위하여 조정지댐의 좌안, 중앙, 우안 방류의 3가지 방류 형태에 대하여 실시하였으며, 유한요소망을 변경하여 방류수문 직하류에서 발생하는 와류현상을 재현하고자 시도하였다. 그 결과 그림3의 (b)에 나타낸 바와 같이 평면 2차원적인 흐름분포는 양호하게 재현 되었으며, 그림3의 (a)와(b) 각각의 조건에서의 하천유량에는 큰 차이가 없음이 확인 되었다. 좌안 및 중앙 방류의 경우 최대 유속은 하천 좌안부에서 0.48 m/s가 발생하였고 주 하천 흐름은 하류부의 좌안으로 분포하였다. 이에 비하여 우안 방류의 경우 최대 유속은 0.61 m/s로서 중앙 및 좌안 방류형태 보다 0.13 m/s정도 빠르게 발생하였으며 주 하천의 흐름은 좌·우안에 걸쳐 고르게 분포함을 알 수 있었다.

하지만, 이러한 차이는 수치상의 결과 일뿐, 실제로는 방류수문 직하류에 건설되어 있는 구조물(평상시 방류량을 기준으로 물 표면으로부터 수심 30cm 정도 아래까지 잠겨있는 높이의 수중보로서 중앙을 제외한 양안에 설치되어 방류수의 흐름을 중앙으로 유도하고 있음)의 영향으로 전체적인 흐름패턴은 유사하다는 사실을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 현장 조사 시 지배인자 파악의 중요성 및 수치계산을 위한 검증자료의 필요성을 강조하기 위하여 상용화된 모델을 이용, 현장에서 파악된 특이현상을 재현하고자 시도하였다. 결론적으로 본 연구는 ①최신 장비들의 도입 및 검증과 기존 장비의 활용 범위 확대, ②기존의 상용 프로그램을 이용한 하천 흐름특성의 가시화 실현 등에 의의가 있다고 사료된다.

참 고 문 현

1. Jennings, A.A. (2003). Modeling sedimentation and scour in small urban lakes, Environmental Modeling & Software 18, pp. 281-291.
2. Nielsen, C. and Apelt, C. (2003). The application of wave induced forces to a two-dimensional finite element long wave hydrodynamic model, Ocean Engineering 30, pp. 1233-1251.
3. Rao, P. (2005). A parallel RMA2 model for simulating large-scale free surface flows, Environmental Modeling & Software 20, pp. 47-53.
4. Rathburn, S. and Wohl, E. (2003). Predicting fine sediment dynamics along a pool-riffle mountain channel, Geomorphology 55, pp. 111-124.
5. 한국수자원공사 (2004). 금강 수계 다목적댐 용수공급능력 및 운영방안 검토 보고서.
6. 홍성민, 정민균, 이준우, 김성준 (2004) SMS를 이용한 경안천 하류구간의 하천흐름 분석, 한국지리정보 학회지, 제7권 제1호, pp. 94-104.