

HEC-6를 이용한 하천의 하상적응과정분석 (반변천을 중심으로)

박희영*, 장창래**

Hee-Young Park, Chang-Lae Jang

요 지

하천의 하상은 장기간에 걸친 교란으로 변화를 겪으며 자연 평형상태에 이르게 된다. 하천에서의 교란은 자연적인 교란과 인위적인 교란으로 나눌 수 있다. 자연적인 교란은 홍수, 태풍, 지진, 해충, 질병, 사태, 극고 저온, 한발 등을 포함하며 생태계의 안정성, 저항성 및 복원성에 의하여 자연 복원되는 경우이며, 인위적인 교란은 댐건설, 하도정비, 골재채취 기타 다른 하천 구조물의 축조 등으로 인해 생태계의 구조와 기능에 막대한 변화가 초래되는 경우이다. 따라서 이러한 교란된 하천의 하상변동 경향을 분석하고 예측하여 이·치수 구조물 축조에 반영하고 하천 생태계 교란의 영향을 최소화 시키는 것이 하천 환경적 측면에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 경상북도 안동시 임하면 임하리에 위치한 반변천의 임하 역조정지댐 직하류부터 낙동강 합류점까지 10.92km 지역을 연구대상지역으로 선정하여, 미공병단에서 개발된 하상변동 수치모형인 HEC-6를 이용하여 댐 건설전과 건설 후에 대하여 하상변동을 모의하였다. 그 결과 처음 5년간은 하상이 0.5~1.0m 정도 저하되었으나 10년이 지났을 때, 댐 건설전의 경우에는 -0.4~2.2m, 댐 건설 후에는 -0.2~1.3m 정도로 하상이 변화되었다. 이는 댐이 없을 경우에는 처음 5년간은 하상이 심하게 저하되었다가 10년이 지나면서 하상 저하율이 감소되면서 평형상태를 이루는데 댐이 있을 경우에는 하상이 저하되는 감소율이 더 적어지면서 댐이 있을 때보다 하상저하가 적게 이루어진 것 때문으로 사료된다.

핵심용어 : 하상변동, 하천교란, 수치모형

1. 서 론

하상의 변동은 자연적인 교란에 의해서 일어나기도 하지만 인위적인 교란에 의한 경우가 대부분이다. 하도정비, 골재 채취, 댐 및 보 건설 등의 인위적인 교란은 하상이 저하되고 하상의 장감화 되어 하천에 물리적인 변화를 가하며 동시에 하천 식생의 변화, 수서 생태계의 파괴로 생태계의 구조와 기능에 변화를 초래하여 생물적인 환경에도 큰 변화를 가한다.

따라서 본 연구에서는 경상북도 안동시 임하면 임하리에 위치한 반변천 임하 역조정지댐 직하류부터 낙동강 합류점까지 10.92km의 지역을 연구대상지역으로 선정하여 1차원 수치모형인 HEC-6를 이용, 임하댐 하류의 5~10년간 하상변동을 댐 건설 전의 경우와 댐건설 후의 경우로 나누어 모의·분석하였다.

* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 연구원 · E-mail : swim14@kwater.or.kr
** 정회원 · 충주대학교 토목공학부 토목공학전공 조교수 · E-mail : cljang@cjnu.ac.kr

2. 하천 수문특성

2.1 대상구역 현황

임하댐에서 하류로 약 10km 지점에 위치한 임하 역조정지댐 직하류 반변천은 경상북도 안동시 임하면 임하리에 위치하며 유역면적은 1,964km², 유로연장 109.4km 로 낙동강유역(유역면적: 23,859km², 유로연장: 525.8km)의 8.23%를 점유하고 있다. 유역형상은 방사선상에 가까운 형상으로 이루어져 있으며 반변천 하구(낙동강 합류점)부터 역조정지댐까지 1/1150 ~ 1/1300의 완만한 하상경사를 가지고 있다. 또한 반변천은 하상이 대부분 자갈로 이루어진 자갈하천으로 하천의 장갑화 현상이 발생하고 있다. 이는 임하댐으로 인해 상류에서 유입되는 유사가 차단되어 하상토의 입도가 굵고 균일하게 된 것 때문으로 사료된다.

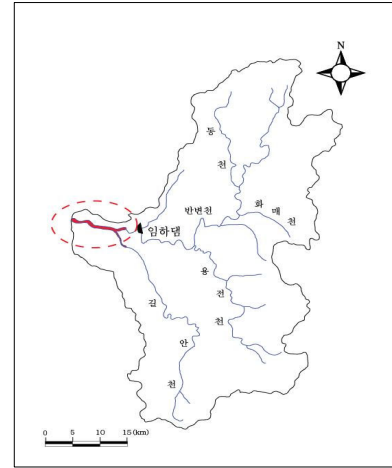


그림 1. 반변천 유역도

2.2 수문현황

본 연구 대상지역인 반변천의 유황은 동유역과 유역의 크기 및 특성이 유사하고 인근에 위치한 내성천의 월포수위표 지점의 유출상황을 반변천에 적용하여 비유량에 의해 유황을 산정하였다. 이에 따라 풍수량 27.9, 평수량 15.6, 저수량 9.0, 갈수량 3.0 CMS로 산정되었다. 또한 임하 역조정지댐에서 2000년부터 2008년도까지의 방류량을 분석하였다. 반변천의 유출량은 임하댐에 의하여 조절이 되는데 2000년도부터 2008년도까지 9년간의 유량을 분석해 보면 2000년부터 2002년도까지는 방류량이 적으나 2002, 2003, 2004, 2006년도에는 태풍에 의한 영향으로 많은 양이 방류되었으며 연평균 방류량 중 최고 방류량은 2003년도에 51.4CMS, 최소방류량은 2008년도에 7.6CMS로 나타났다. 반변천의 조도계수는 하상의 장갑화에 의하여 유역의 하류로부터 6.405km 지점까지 0.035, 역조정지댐까지 0.040으로 산정되었다.

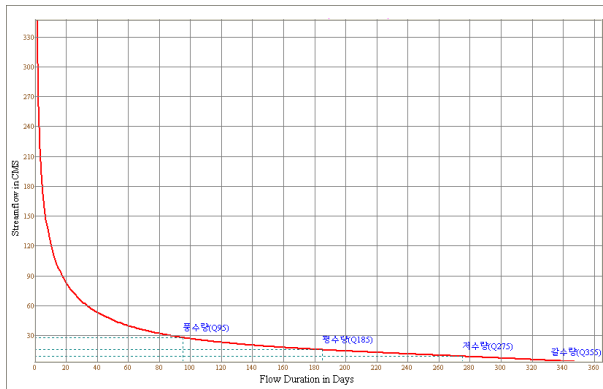


그림 2. 반변천 유황곡선

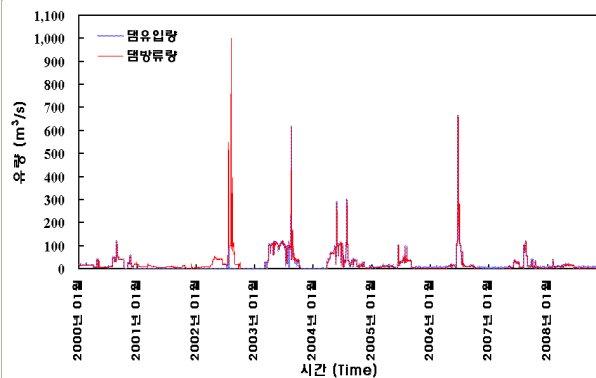


그림 3. 임하 역조정지댐 방류량 분석 (2000 ~ 2008)

3. 하상변동 수치모형

3.1 HEC-6 모형의 개요

반변천 유역의 하상변동을 모의하기 위해 1973년 미공병단에 의해 개발된 HEC-6모형을 적용하였다. HEC-6모형은 하천이나 저수지의 세굴 및 퇴적을 분석하기 위해 개발된 일차원 수치모형

이다. HEC-6의 특징은 하도망 모의가능, 하도의 준설, 다양한 제방이나 하도 잠식 방법, 유사량공식의 다양성을 들 수 있다. HEC-6의 지배 방정식은 다음과 같다.

물의 연속 방정식

$$\left[\frac{dQ}{dx} \right] = q_l$$

물의 에너지 방정식

$$\left[y + \frac{aQ^2}{2gA^2} \right]_{i-1} = \left[y + \frac{aQ^2}{2gA^2} \right]_i + H_L$$

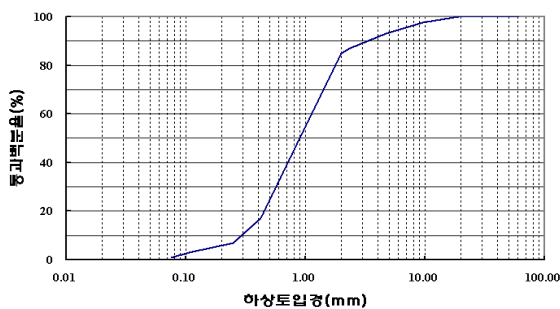
유사의 연속 방정식(Exner 방정식)

$$\frac{1}{(1-\lambda)} \frac{\partial Q_s}{\partial x} + B \frac{\partial z}{\partial t} = 0$$

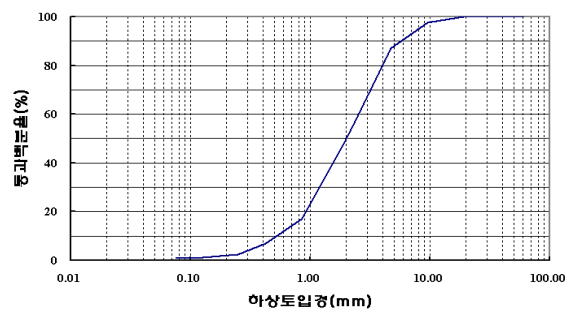
여기서, Q = 유량, q_l = 단위폭당 측방 유량, Q_s = 부피로 표시된 유사량, B = 이동상 하상의 하폭, h = 이동상 하상의 표고, z = 하상고, a = 에너지 보정 계수, A = 단면적, H_L = 단면 $i-1$ 과 i 사이의 손실 수두, λ = 하상토의 공극률이다.

3.2 경계조건 및 초기조건

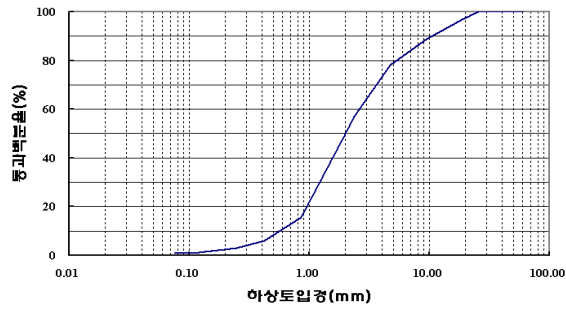
하천 단면자료는 총 10.92km 구간의 No. 0~No. 51까지의 55개의 지형자료를 이용하였으며 단면 간 평균거리는 약 200m이다. 또한 본 대상 구역의 수문자료는 댐건설전과 건설후로 나누어 입력, 모의하였으며 댐건설전은 반변천의 유황곡선 자료를 분석하여 유량을 선정하였으며 댐 건설 후 유량은 임하 역조정지댐의 방류량으로 선정하였다. 하류구간의 수위는 반변천 유황과 임하 역조정지댐 방류량을 HEC-RAS 4.0으로 모의하여 하류 구간의 수위를 산정하였다. 수온은 전 구간에 15℃로 입력하였다. HEC-6의 입력자료 중 하나인 유입 유사량은 실측자료를 입력하여 주어야 하나 반변천의 조사된 유사량이 없어 비교적 신뢰성이 높은 것으로 평가된 Yang(1979)의 공식을 선정하여 댐 건설 전의 경우에 유입 유사량을 산정 하였으며, 댐 건설 후에는 유입되는 유사가 댐에 의해 차단된다고 가정하여 본류에는 댐 건설 전 유입되는 유사량의 10%를, 지류부분에는 댐 건설 전 유입되는 유사량을 그대로 입력하였다. 유사량공식은 Yang(1973) 공식을 선택하여 모의하였다. 하상토 입도분석 데이터는 총 4곳의 데이터를 입력하였다. 그림 4는 반변천 하상토의 입도분석 결과이다.



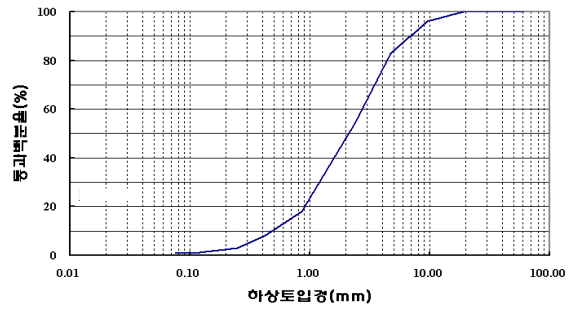
(a) 하류로부터 0km 지점



(b) 하류로부터 4.29km 지점



(d) 하류로부터 10.68km 지점



(c) 하류로부터 7.48km 지점

그림 4. 반변천 하상토 입도분석결과

3.3 하상변동 모의분석

반변천 임하 역조정지댐 직하류부터 낙동강 합류점까지 10.92km 구간에 대하여 댐 건설 전과 댐건설 후로 나누어 5년과 10년간의 하상변동을 모의하였다. 그림 5, 6은 댐 건설 전 5년, 10년간의 하상변동과 변동량을 도시하였으며 그림 7, 8은 댐 건설 후 5년, 10년간의 하상변동과 변동량을 도시하였다. 그 결과 댐 건설전의 경우에는 5년간 -1.17~4.0m, 10년동안 -1.6~6.2m의 하상이 변동하였다. 댐 건설 후의 경우에는 5년간 -1.3~4.2m, 10년동안 -1.5~5.4m 하상이 변동되는 것으로 나타났다.

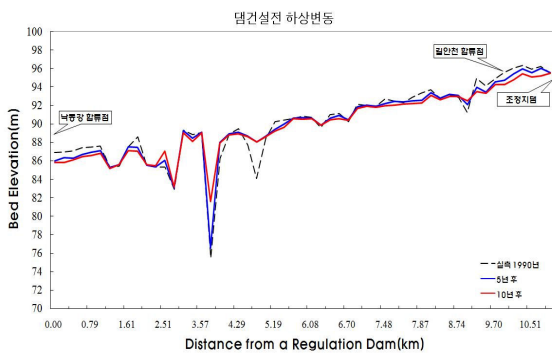


그림 5. 댐건설 전 하상변동

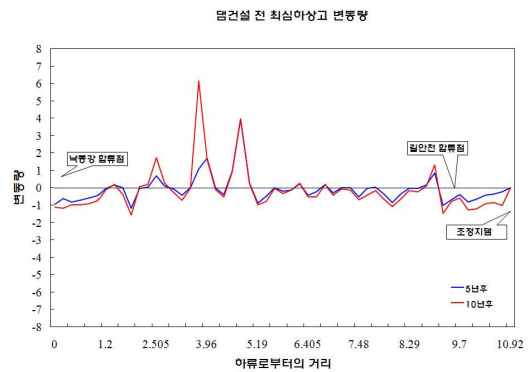


그림 6. 댐건설 전 하상 변동량

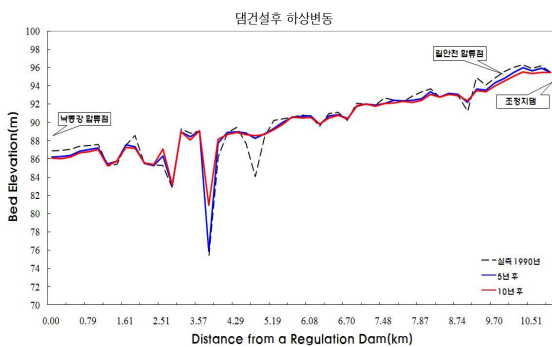


그림 7. 댐건설 후 하상변동

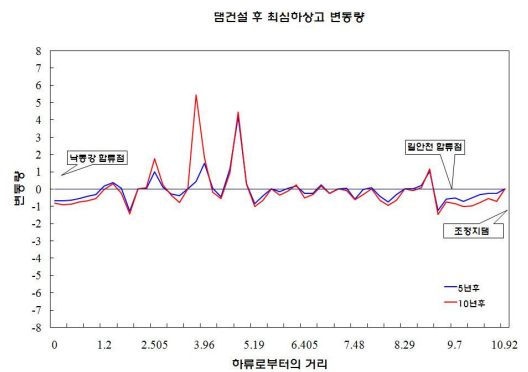


그림 8. 댐건설 후 하상 변동량

3. 결론

본 연구에서는 반변천 임하 역조정지댐 직하류부터 낙동강 합류점까지 HEC-6모형을 이용하여 댐 건설 전과 댐 건설 후의 5, 10년간의 하상변동을 모의하였으며 그 결과는 다음과 같다.

댐 건설 전에는 임하 역조정지댐 직하류부터 길안천 합류점까지 1km구간은 하상이 0.4m정도 저하되었으며 합류점 이후에는 하상이 상승하였다. 또한 낙동강 합류점으로부터 상류부로 약 4km 지점은 하상이 5m정도 상승되는 것으로 나타났다. 이는 하상의 원지반 측량 좌표가 잘못 측정되어 비정상적인 모의결과가 나온 것으로 판단된다.

댐이 건설 전과 건설 후 모두 하류로부터 1.7km지점까지와 9.3km에서 역조정지댐까지 하상이 0.4~0.8m 저하되는 양상을 보이고 있다.

댐 건설 후에는 전반적으로 댐 건설 전과 비슷한 양상으로 변화되었으나 댐 건설 전 보다 1~2m 정도 적게 저하 되었다.

두 경우 모두 처음 5년간은 하상이 약 0.5~1.0m 정도 저하되었으나 10년이 지났을 때, 댐 건설전의 경우에는 -0.4~2.2m, 댐 건설 후에는 -0.2~1.3m정도로 하상이 변화되었다. 이는 댐이 없을 경우에는 처음 5년간은 하상이 심하게 저하되었다가 10년이 지나면서 하상 저하율이 감소되면서 평형상태를 이루는데 댐이 있을 경우에는 하상이 저하되는 감소율이 더 적어지면서 댐이 있을 때보다 하상저하가 적게 이루어졌다. 이는 댐에 의해 유사량이 차단되고 본류로 유입되는 유량이 감소하여 하상저하가 적게 모의되고 유입유사차단에 의한 하상의 장갑화가 빠르게 진행되면서 하상이 평형상태에 이르게 된 것 때문으로 판단된다.

댐건설에 의한 인위적인 하천교란은 생태계의 구조와 기능에 변화가 초래되기 마련이다. 따라서 이러한 교란된 하천의 하상변동 경향을 분석하고 예측하여 댐 건설 축조에 반영하고 하천 생태계 교란의 영향을 최소화하여야 한다.

본 연구는 임하 역조정지댐부터 낙동강 합류점까지 1차원 하상변동 예측모형인 HEC-6를 이용하여 댐 건설 전과 후로 나누어 하상변동을 모의하였다. 그러나 정확한 댐 건설 후의 하상변동 모의를 위해서는 반변천의 정확한 유황자료와 수위자료, 댐 유입유량 관측과 이에 따른 3차원 모형을 이용한 연구가 필요하다고 사료된다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부 (1990), 반변천 하천정비 기본계획
2. 한국수자원공사 (2007), 임하댐 직하류(불거리제) 기술지원 보고서
3. 장창래, 정관수, 김재한, 양동윤 (2000), 댐건설에 의한 하상변동 예측, 대한토목학회 논문집, Vol.20, No7, pp. 175~178
3. 유권규, 우효섭 (1993), HEC-6를 이용한 대청댐 하류의 하상변동예측, 대한토목학회논문집, 제 13권 제5호, pp. 157~163
4. 우효섭, 유권규 (1995), HEC-6를 이용한 하상변동 모의방법, 한국건설기술연구원
5. Yang, C.T.(1973), "Incipient Motion and Sediment Transport", Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol.98, HY10, pp.1699-1704.