

HEC-6를 이용한 형산강 협착부 개선방안 모의

Simulation of Improvement Method for Narrow Cross-Section in Hyungsan River Using HEC-6

김정민*, 김영도**, 류시완***, 이남주****
Jung Min Kim, Young Do Kim, Siwan Lyu, Nam Joo Lee

요 지

일반적으로 하천은 오랫동안 장기간의 변화를 겪으며 안정되어 있다. 산사태나 홍수 등 자연적인 변화 뿐 아니라 댐이나 교량 등 인위적인 변화에 따라 흐름이나 유사량이 변하게 되며 이런 동적변형상태를 복원하는 과정에서 침식과 퇴적이 반복적으로 이루어져 대규모 하상변동이 이루어지게 된다. 이러한 하천에서 발생하는 대규모의 하상변동에는 일반적으로 1차원 해석이 적용된다. 하천의 일정 하도구간을 고려할 경우 구간의 상류단면으로부터 유입하는 유입토사량과 하류단면에서 유출되는 유출토사량과의 비에 따라 그 구간에는 하상상승(aggradation) 및 하상저하(degradation)가 발생하게 되고 이것이 거시적 측면에서 하상변동이라 할 수 있다. 이러한 장기하상변동은 경우에 따라서 이수용도의 수문 혹은 취수구가 노출되거나, 교량의 교각에 국부세굴이 발생되어 붕괴위험이 생기는 등 심각한 문제가 발생할 수가 있다.

본 연구에서는 하상변동 예측 모형 중 신뢰성 및 적용성이 우수한 것으로 인식되고 있는 HEC-6 모형을 형산강수계에 적용하여 4가지 협착부 개선방안에 따른 장기하상변동에의 영향을 검토하고자 하였다. 하천기 본계획상의 횡단면도와 유사량 실측값을 이용하여 유사모의 결과를 검증하고 2020년까지의 모형의 계산 값을 이용하여 4가지 대안에 따른 모의 결과와 원안의 결과와 비교 및 분석하였다. 모의한 결과 형산강의 하상변동치가 크지 않은 것은 형산강의 하상이 어느 정도 안정되어 있어 장기적인 하상변동이 크지 않기 때문이다. 따라서 협착부 개선에 따른 대안 1, 2, 3, 4의 하상이 크게 변하지 않음을 보였다. 지형 변화에 따른 장기 하상변동에의 영향이 크지 않은 것을 확인할 수 있다.

핵심용어 : HEC-6, 하상변동, 형산강, 유사량

1. 서 론

하천의 하상은 장기간의 침식과 퇴적의 변화를 겪으며 안정되어 있다. 이러한 변화에는 하천의 평면형, 종단면형, 단면형 등 형태와 하상재료의 구성 등을 포함한다. 변화의 요인에는 산사태나 홍수 등 자연적인 변화 뿐 아니라 댐이나 교량, 골재채취 등 인위적인 변화에 따라 흐름이나 유사량이 변하게 되며 이런 동적변형상태를 복원하는 과정에서 침식과 퇴적이 반복적으로 이루어져 대규모 하상변동이 이루어지게 된다. 여기서 인위적으로 정비된 하천이나 하천 특성상 평면 변화가 제한되는 하천에는 하상의 종단 방향만이 변화의 자유를 가진다. 특히 제방 축조 등으로 하천 구간 대부분이 인위적으로 정비되었거나, 평면 변화를 할 수 있는 천변 충적층 발달이 미약한 국

* 정회원 · 인제대학교 환경공학부 석사과정 · E-mail : nnccaa@parna.com

** 정회원 · 인제대학교 환경공학부 조교수 · E-mail : ydkim@inje.ac.kr

*** 정회원 · 창원대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : minilite@sarim.changwon.ac.kr

**** 정회원 · 경성대학교 토목공학과 교수 · E-mail : njlee@ks.ac.kr

내 하천에서는 평면형이나 횡단형보다는 중단형의 변화가 특히 중요한 문제이다. 하상변동은 유수에 의해 이동된 토사가 침식 및 퇴적되어 표고가 변하는 현상으로, 진행기간에 따라 크게 단기하상변동과 장기하상변동으로 나눌 수 있다. 그중 장기하상변동은 하천에서의 취수, 배수 등과 같은 하천관리에 직접적인 영향을 주며, 하천 구조물의 안정, 홍수위의 변화, 지하수위의 변화와 같은 하천의 유역관리에 광범위한 영향을 준다. 이러한 하상의 상승과 저하를 분석하고 예측하는 것은 구조물의 건설 전, 후의 영향에 대한 평가와 치수측면에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

2. 형산강 유역의 특성

2.1 개황

형산강은 한반도 남동부에 위치하며, 유역의 서쪽으로는 낙동강유역(금호강), 동쪽으로는 동해안으로 유입되는 소하천유역, 남쪽으로는 태화강유역, 북쪽으로는 영덕 오십천유역과 그 경계를 형성하고 있는 우리나라 10대 하천중의 하나이다. 수원은 차슬령(울산광역시 울주군 두동면, EL 901 m)에서 발원하여 유하하면서 좌측으로부터 중리천, 복안천, 이조천, 화곡천, 대천, 소현천, 사방천, 칠평천, 기계천 및 자명천이 유입되고, 우측으로부터는 남천, 복천, 신당천, 왕신천 및 칠성천의 유입한 후 포항시 남구 송도동에서 동해의 영일만으로 유입된다. 유역면적은 1,139.99 km², 유로연장은 57.38 km, 유역평균폭은 19.73 km로서 남북으로 긴 형태의 형상을 띠고 있고, 유역의 농경지율은 20.64%로 대부분이 산지형을 이루고 있으며, 둔치 이용형황으로는 국가하천 시점부(경주시)와 하구부(포항시)에 체육시설 등이 조성되어 시민의 편의공간으로 이용되고 있다. 본 연구의 대상구간은 그림 1과 같이 국가하천 형산강 36 km 구간으로 하상변동 모의를 위한 기초조사로서 해당 하천구간에 대한 지형학적, 수리학적, 지질학적 자료를 수집 및 분석하였다.

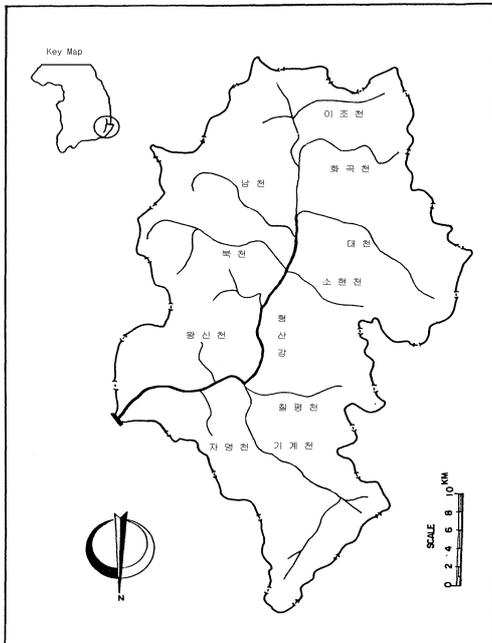


그림 1 형산강 유역도(건설교통부, 1993)

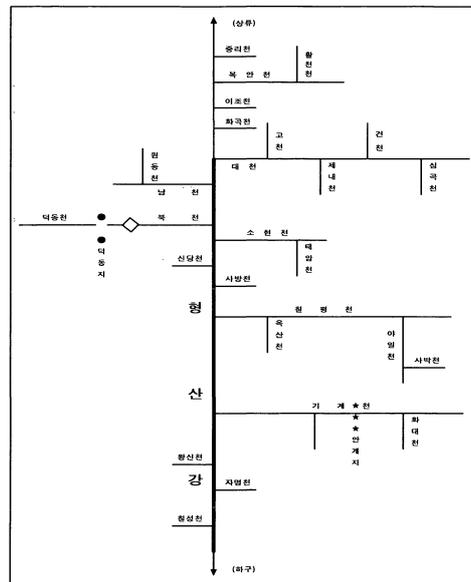


그림 2 형산강 하천 모식도(건설교통부, 1993)

2.2 모형 적용구간 및 입력자료

유사량 자료는 동점성계수 산정을 위한 수온자료, 유사량 산정을 위한 공식, 상류경계에는 유입되는 유사량 수문곡선, 하상재료에 관한 자료 등으로 구성이 된다. 수위-유량 자료로는 모아 수위표지점의 일 수위-유량 자료와 유형곡선 자료를 이용하여 일-유량자료를 얻었으며 하류단 경계조건으로 사용하였다. Manning 계수 n 은 물의 흐름 및 유사의 운동을 지배하는 가장 중요한 인자로서 HEC-RAS 모의와 실측자료를 이용하여 추정된 값을 사용하였다(표 1). 수온은 유사의 운동 및 물의 점성 등에 상당한 영향을 미치는 중요한 인자로서 표 2에 제시된 바와 같이 월별 평균수온을 사용하였다. 하상재료 자료는 상·하류 지점에 대하여 하상토를 채취하여 분석하였다. 적용구간의 유입 유사량은 형산강 국가하천 구간 내의 상시수위관측소 지점에서 2006~2007년에 걸쳐 취득된 실측자료를 통해 도출한 유량-부유사량과의 관계식을 사용하였다. 유사량 자료중 하나인 하상재료 구성은 표3에 도시하였다.

표 1 조도계수

측점	79년 조도계수	93년 조도계수
No. 0~12	0.024	0.025
No. 13~19	0.024	0.030
No. 20~21	0.024	0.035
No. 22~25	0.031	0.040
No. 26~184	0.030	0.035

표 2 형산강 월별 수온

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
℃	4	8	8	9	16	23	23	22	21	16	15	6

3. HEC-6 모형의 적용

하천과 저수지에서의 세굴과 퇴적계산을 위한 전산 모형인 HEC-6는 미 공병단의 수문연구 센터(U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center)의 W. A. Thomas 등에 의해 1973년에 처음 개발되었으며 1977년에 대폭적으로 개선되었다.

HEC-6의 검정 절차는 고정상, 이동상으로 변수추정을 하였다. 고정상은 유입유사량, 하상토 입경분포 등 유사관련 변수나 입력자료를 제외하여 하천단면의 하상변동이 없는 상태로 Manning계수 n 값을 추정을 하였고, 이동상은 안정계산간격의 변수를 결정하였다.

먼저, Manning계수 n 값을 추정하기 위하여 대상지역에 2006년 실측한 하상자료를 바탕으로 HEC-RAS를 이용하였다. 경계조건으로는 하류지점의 대송수위표의 수위 값을 사용하였으며, 내부경계조건으로는 모아, 안강, 부조 지점의 수위표를 이용하여 실측 수면고에 가까운 값을 추정

하기 위하여 조도계수 값을 보정하였다.

안정계산간격의 변수는 15카드에 쓰이는 각종 가중치들(weighting factor)이다. 이 가중치들은 수리변수를 대표적인 값으로 환산하는데 필요하다. 이 가중치를 선정하는 방법으로 표 3과 같이 두 가지를 HEC-6 사용자 지침서에는 추천하고 있다. 방법㉠은 가장 안정된 계산방법으로 이 경우 계산시간간격을 길게 모의 할 수 있다. 반면, 방법㉡는 하상고 변화에 가장 민감한 계산 방법이며 안정적인 계산간격도 짧다. 그러므로 본 연구에서는 방법㉠을 선택하였다.

표 3 HEC6의 가중치 변수의 선정 방법

변수	DBI	DBN	XID	XIN	XIU	UBI	UBN	비고
방법㉠	0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	0.0	1.0	안정
방법㉡	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	민감

2006년부터 14년간 모의하기 위해 먼저 HEC-6의 검증을 수행하였다. 초기 지형자료로는 1979년 하천정비 기본계획에 나와있는 지형자료를 활용하였으며 모형을 검정하기 위한 유사 공식으로는 HEC-6의 이동상 모의에서는 Laursen(1963), Laursen(Modified by Madden, 1985), Laursen(Modified by Copeland, 1990), Duboy, Yang (1973), Ackers & White (1973) 의 공식을 사용하였다. 검정은 1979년을 기준으로 4년 간격으로 총 4회 수행하였다.

4. 수치해석 결과

검증에 의해 선택되어진 유사산정 공식 Laursen 공식을 이용하여 국가하천 형산강 유역에서 2006년 실측된 지형자료를 통하여 14년간의 개선이 필요한 협착부지점에 대해 4가지 방안으로 장기하상변동을 예측·분석하기로 한다. 모의 기간의 시간 간격은 6년, 4년, 4년 간격으로 총 3회 실시하였다. 그림 3 ~ 6은 협착부의 최심하상고 변동량과 수면고를 나타낸 그래프이다. 양(+)의 값은 퇴적을 나타내고 음(-)의 값은 침식을 나타낸다. 그림에 나와 있듯이 협착부의 전반적인 하상변화는 미미한 것으로 나타났다. 이는 협착부의 하상이 안정화를 이루고 있거나 개선하는 지점의 길이가 짧아 상대적으로 형산강의 하도 길이에 비해 변화가 미비한 것으로 판단된다.

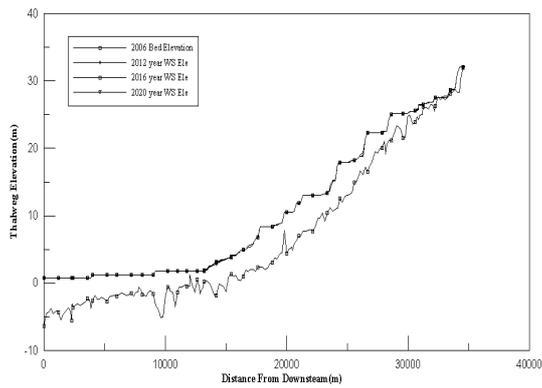


그림 3 협착부 개선방안 1

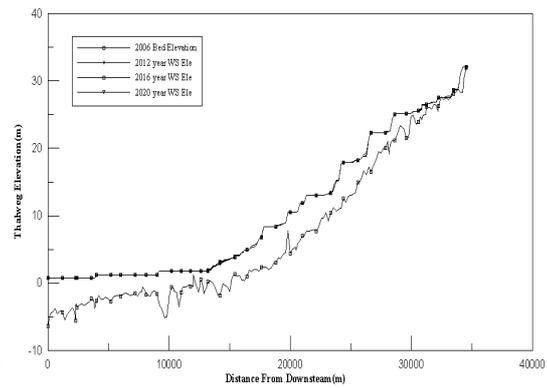


그림 4 협착부 개선방안 2

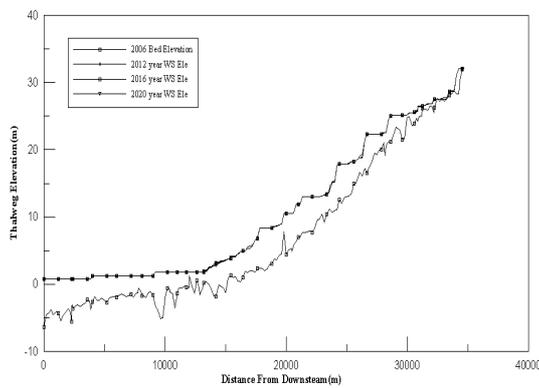


그림 5 협착부 개선방안 3

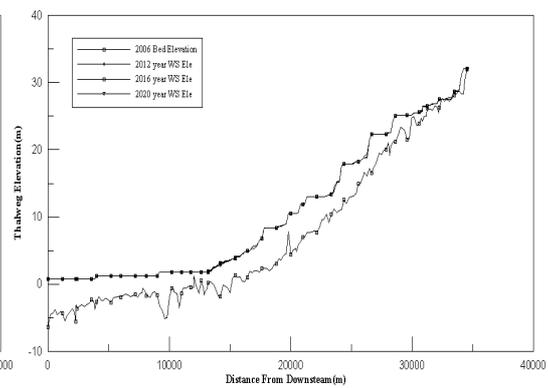


그림 6 협착부 개선방안 4

5. 요약 및 결론

본 연구는 형산강의 협착부를 넓혀 하천의 흐름을 원활하게 하고 홍수 등 자연재해의 피해를 줄이고, 해당 하천의 하상변동 특성의 파악에 필요한 자료 및 하천의 중·단기 수방대책 수립을 위한 기본 자료를 제공할 목적으로 수행되었다. 협착부 구간에서의 하상 변동을 예측하여 본 결과 큰 문제점은 없지만 협착부의 하상이 안정화를 이루고 있고 개선하는 구간의 길이가 짧아 상대적으로 형산강의 하도 길이에 비해 변화가 미비한 것으로 판단된다..

감 사 의 글

본 논문은 (주)현대건설의 지원에 의해서 이루어졌으며, 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(1992). 형산강 하천정비기본계획.
2. 건설교통부(1989). 형산강 하상변동조사보고서.
3. 안정민(2007). 형산강의 장기하상변동 예측을 위한 수치모형의 적용. 창원대학교. 공학석사학위논문.