

HEC-6 모형을 이용한 유사량 공식에 따른 낙동강 하상변동 모의 Bed Change Simulation for the Nakdong River based on Different Sediment Transport Formulas using the HEC-6 Model

정원준*, 지운**, 여운광***, 김권한****, 김도훈*****

Won Jun Jeong, Un Ji, Woon Kwang Yeo, Gwon Han Kim, Do Hoon Kim

요 지

최근 4대강 하천정비 사업과 용지 개발로 인해 하천으로 유입되는 유사량 및 하천 유사농도의 증대가 예상되면서 유사이송에 대한 관심은 수자원분야에서 날로 커지고 있다. 하천에서의 유사이송과 하상변화를 예측하기 위해 수행되는 수치모의에서는 유사량 산정공식에 따라 동일한 수리조건에서도 유사량 값이 각각 다르게 산정될 뿐만 아니라 하상변동 값도 적용 공식에 따라 다르게 산정된다. 하지만 국내에서는 이와 같은 문제에도 불구하고 유사량 공식에 대한 하상변동의 민감도 분석 또는 검증 과정 없이 수치모의를 수행하거나 수치모형에서 채택하고 있는 단일 유사량 공식을 그대로 적용하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 다양한 유사량 공식 적용이 가능한 준정상류 모형인 HEC-6 프로그램을 활용하였으며 대상하천으로는 상류의 급경사와 집중호우로 인해 다량의 유사가 침식되고 퇴적되는 문제가 발생하고 있는 낙동강 하류 80km구간으로 선정하였다. 낙동강 유역의 실제수문사상을 적용하여 하상변동 수치모의를 수행하였으며 그 결과를 유사량 공식별로 비교하였다.

핵심용어 : HEC-6, 하상변동, 낙동강, 유사량 공식

1. 서론

하천의 유사이송에 대한 관심이 4대강 하천정비 사업 등에 의해 부각되고 있는 실정에서 국내 하천의 유사이송에 대한 연구는 매우 미진한 상태이며 유사량 공식에 대한 하상변동의 민감도 분석 또는 검증 과정 없이 수치모의를 수행하거나 수치모형에서 채택하고 있는 단일 유사량 공식을 그대로 적용하고 있다. 본 연구에서는 대상하천인 낙동강에 유사량 공식을 다양하게 적용하여 하상변동량을 정량적으로 분석하고자 한다. 이를 위해 다양한 유사량 공식 적용이 가능한 준정상류 모형인 HEC-6 프로그램을 사용하였으며 모의 대상 구간은 낙동강 진동지점에서 낙동강 하구둑까지 80km 구간 이다. 본 연구에서는 낙동강 진동지점에서 실측 된 유사량 값을 당시 발생한 동일한 수리조건으로 유사량 공식에 적용하여 하상변동량을 나타내고 그 결과를 유사량 공식 별로 비교하고자 한다.

* 정회원 · 명지대학교 토목 · 환경공학과 석사과정 · E-mail : jminh0502@nate.com
** 정회원 · 명지대학교 토목 · 환경공학과 연구교수 · E-mail : jjuncivil@hotmail.com
*** 정회원 · 명지대학교 토목 · 환경공학과 교수 · E-mail : yeo@mju.ac.kr
**** 정회원 · 명지대학교 토목 · 환경공학과 석사과정 (교신저자) · E-mail : hyh1901@lycos.co.kr
***** 정회원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 토목공학전공 박사과정 · E-mail : wk17v@naver.com

2. 대상유역 및 입력자료

2.1 유역현황

본 연구의 대상유역인 낙동강은 한반도 남동부에 위치하여 북쪽으로 한강유역, 서쪽으로는 금강 및 섬진강유역과 접하고, 동쪽으로는 태백산맥이 동해안유역과 분수령을 형성하는 우리나라 제 2의 하천유역으로서 유역면적은 대략 23,384km²이며 유로는 510km로 국내 최장 하천이다. 낙동강 본류는 동쪽의 태백산맥과 서북쪽의 속리산, 덕유산, 지리산으로 이어지는 소백산맥으로 둘러싸인 낙동강유역의 중심부를 관류하고 있으며, 유로는 산악으로 인하여 최단거리로 유하하지 못하고 유향을 네 차례나 급변하면서 우회하여 남해안으로 유입된다. 낙동강 하폭은 전체적으로 평균 45m이며 평균 수심은 2-3m이다. 하상경사는 0.0001에서 0.0002사이로 매우 완만하다. 이러한 완만한 경사로 인해 하구둑 건설 전 염수 침입은 상류 40km 지점까지 영향을 미쳤으며 또한 상류로부터 유입되는 유사가 완만한 경사로 인한 유속 감소로 낙동강 하구둑 근처에 퇴적된다. 연중 강우량의 50%에 해당되는 강우량이 6월부터 9월 사이에 집중되어 있으며 이러한 강우량 편중 현상으로 인해 낙동강의 최대 유량과 최소 유량의 비를 나타내는 하상계수 다른 하천 및 강에 비해 10배에서 100배 더 큰 것으로 나타났다.

2.2 입력자료

HEC-6에 적용하기 위한 입력자료는 지형, 하상토, 유사량, 유량, 수위자료이다. 낙동강 하천정비기본계획(건설교통부, 1991)의 지형자료를 사용하여 진동지점에서 구포지점까지 40km, 구포지점부터 낙동강 하구둑까지 40km, 총 80km를 모의 대상 구간으로 지정하였다. 하상토 자료와 유사량 자료는 낙동강 하구둑 유지관리 개선방안 연구 보고서(한국수자원공사, 2008)의 자료를 사용했다. 2002년도 진동지점의 일 유량과 2002년도 낙동강 하구둑 평균수위를 상류-하류단의 경계조건으로 사용하였다. 모의 기간은 1년, 10년, 100년의 장기하상변동 모의를 실시하였고 빈도 별 7가지의 유사량 공식을 적용하여 총 21 CASE의 모의를 진행하였다. 낙동강 유역을 대상으로 하상변동 모의에 사용된 유량조건은 그림 1과 같다.

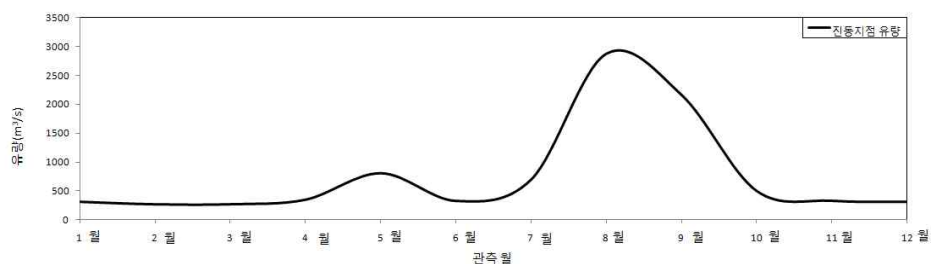


그림 1. 2002년 진동지점의 일 유량

3. 모형의 적용 및 분석

본 연구에서는 HEC-6모형을 이용하여 낙동강 진동지점에서 하구둑까지 80km 구간을 유사량 공식 별 하상변동 모의를 하였다. 낙동강에서의 HEC-6 모의 결과는 그림 2에서 그림 8과 같다. 100년 모

의를 기준으로 한 유사량 공식별 최대 퇴적량, 최대 침식량, 평균 하상변동량을 정리하였다(표 1).

그림 2에서 그림 4의 결과를 보면 Ackers-White, Yang, Engelund-Hansen 공식은 전체적으로 하상변동의 양상이 비슷한 것으로 나타난다. 다만 주목해야 할 점은 Ackers-White 공식이 다른 두 공식에 비해 유사량을 과다 산정하는 경향이 있다는 것이다. 특히 구포지점에서 하구둑까지 40km의 경우 진동지점에서 구포지점까지의 40km 보다 더 많은 퇴적량이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이 구간은 진동지점 유사의 중앙입경 0.3mm이며 구포지점에 이르러 0.25mm로 유사의 중앙입경이 줄어드는 구간이다. 이 결과를 볼때 Ackers-White 공식은 유사의 중앙입경 크기가 작아질수록 유사량을 과다산정하는 경향이 있다는 것을 알 수 있었다.

Meyer-Peter-Muller 공식의 경우 유사의 중앙입경이 5mm이상인 자갈하천에서 적용 가능한 소류사 공식으로 하류구간에서 중류구간 사이에 100년 모의를 기준으로 평균 0.03m만큼 퇴적량이 작게 발생하는 것에 비해 상류에서 최대 퇴적이 3.09m로 나타나 큰 퇴적량을 발생시켰다. Laursen 공식은 Meyer-Peter-Muller 공식과는 반대로 유사의 종류가 가는 모래나 실트일 경우 적용 가능한 유사량 공식이다. 하천흐름에 대해 영향을 많이 받게 되어 하류로 갈수록 침식, 퇴적이 반복하며 나타나 100년 모의를 기준으로 단면과 단면사이에 약 1m에서 3m의 폭으로 변화가 나타난다. 따라서 Meyer-Peter-Muller과 Laursen 공식은 일반 모래 충적하천인 낙동강에서는 적합하지 못한 유사량 공식이다. Toffaleti 공식의 경우 다른 유사량 공식과 비교했을 때 최대 퇴적량이 제일 많았고 최대 침식량도 Laursen 공식과 Engelund-Hansen 공식에 이어 높은 축에 속했다. 평균 하상변동량이 0.02m 퇴적으로 다른 공식들에 비해 퇴적과 침식이 균일하게 나타난다.

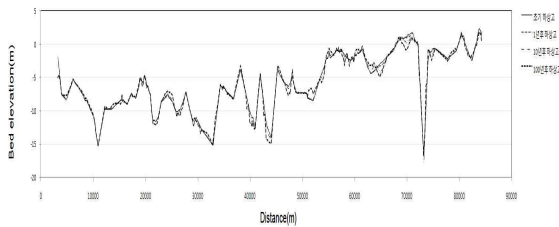


그림 2. 낙동강 유역에서 Ackers-White공식을 적용한 하상변동 모의 결과

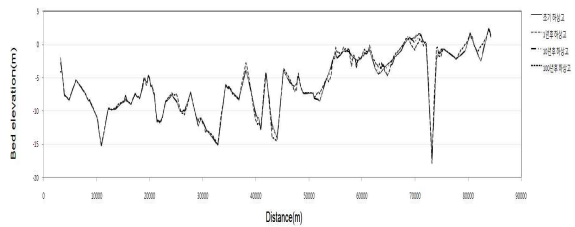


그림 3. 낙동강 유역에서 Yang공식을 적용한 하상변동 모의 결과

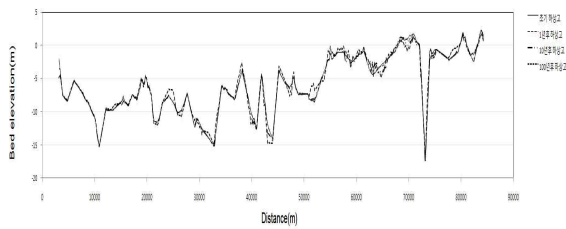


그림 4. 낙동강 유역에서 Engelund-Hansen공식을 적용한 하상변동 모의 결과

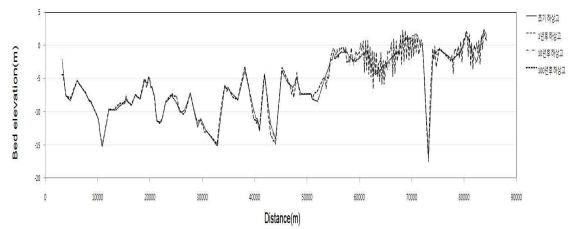


그림 5. 낙동강 유역에서 Laursen공식을 적용한 하상변동 모의 결과

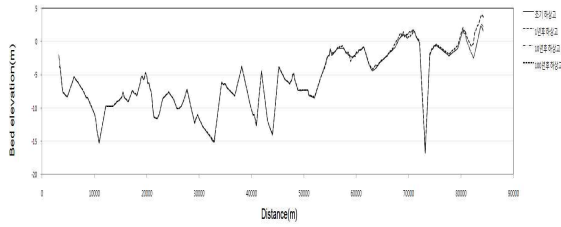


그림 6. 낙동강 유역에서 Meyer-Peter-Muller공식을 적용한 하상변동 모의 결과

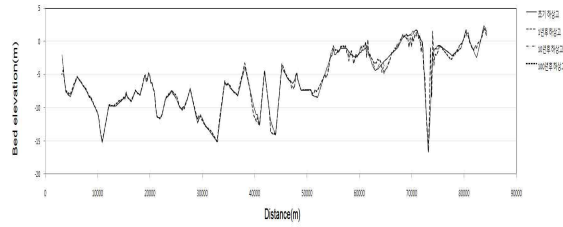


그림 7. 낙동강 유역에서 Toffaleti공식을 적용한 하상변동 모의 결과

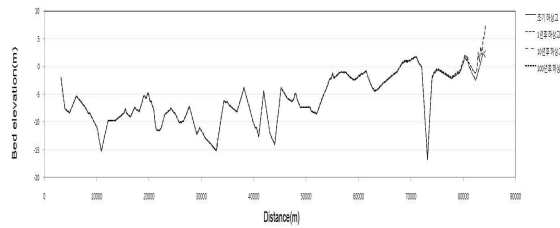


그림 8. 낙동강 유역에서 Wilcock공식을 적용한 하상변동 모의 결과

표 1. 100년 모의기준 유사량 공식별 최대 퇴적량, 최대 침식량, 평균 하상변동량

유사량 공식	최대 퇴적량(m)	최대 침식량(m)	Bed Change 평균(m)
Ackers&White	+ 3.15	-2.42	-0.03
Yang	+ 2.16	-2.21	0.07
England-Hansen	+ 2.71	-2.92	0.08
Laursen	+ 3.29	-3.04	-0.01
Meyer Peter Muller	+ 3.09	-1.73	0.12
Toffaleti	+ 8.56	-2.52	0.02
Wilcock	+ 3.51	-0.12	0.14

4. 결 론

HEC-6모형을 이용하여 유사량 공식 별 하상변동 모의를 수행 한 결과 동일한 입력자료로 하상변동 모의를 수행하여도 공식 별로 하상변동 양상이 정량적으로 다르게 산정되는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 우선 유사량 공식 별 하상모의 결과를 비교하고, 이 결과를 종합하여 낙동강에서 적용 가능한 유사량 공식을 평가하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

낙동강 진동지점에서 하구둑까지 80km 구간의 HEC-6 모의결과를 보면 Ackers-White 공식이 다른 공식들에 비하여 하상변동이 크게 분석되었다. 가장 하상변동이 크게 분석된 것이 가장 정확하고 최적의 유사량 공식이라고는 설명할 수 없지만 유사량 실측자료가 없거나 정확하지 않은 경우의 유사량을 과다산정하는 Ackers-White 공식을 사용함으로써 하천의 퇴적으로부터 야기되는 홍수위 상승, 저수지 기능 감퇴, 용수와 취수 방해, 유사에 의한 오염원 확산 등에 대한 안정성을 확보 할 수 있다. 유사량 실측자료가 있는 유사량 조건에서는 다른 유사량 공식들에 비해 평균적

인 하상변동 결과가 나타난 Engelund-Hansen, Yang, Toffaleti 공식을 사용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(1991). 낙동강 하천정비기본계획.
2. 한국수자원공사(2008). 낙동강 하구둑 유지관리 개선방안 연구 보고서.
3. 우효섭(2001). 하천수리학.
4. Yang, C. T. (2003). SEDIMENT TRANSPORT THEORY AND PRACTICE.
5. HEC(1995). HEC-6 Scour and Deposition in River and Reservoirs User`s Manual, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
6. Ji, U.(2006). Numerical model for sediment flushing at the Nakdong River Estuary Barrage, Ph.D. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, U.S.A.