

GSTAR-1D 모형의 금강 하상변동에측 적용성에 관한 연구

A Study on the Applicability of GSTAR-1D to the Riverbed-Level Variation in the Geum River

정성영* / 박봉진** / 정관수***
Chung, Sung Young / Park, Bong Jin / Jung, Kwan Sue

Abstract

The purpose of this study is to simulate the riverbed profile changes downstream of Daecheong re-regulation dam from 1988 to 2001, to evaluate the model's applicability and to predict a long-term riverbed-level variation between 2002 and 2017. As a result of simulation 14 sediment transport equations provided by GSTAR-1D, it was found that Acker's & White formula was the most stable relatively. The interval used to calculate its stability was 7 days for bankful discharge(1,000 m³/s), 3 days for daily maximum flow(4,273 m³/s), 1 day for hourly maximum flow(7,605 m³/s) and minimum flow(8.5 m³/s). The simulation results of river bed changes were evaluated and compared to its measure data from 1988 to 2001. It was showed that there was the degradation for a section between Daecheong re-regulation dam and Maepo water stage gage station due to bed-material, and the degradation for a reach between Maepo and Gongju water stage gage station due to massive aggregate collection. Also, as a result of simulating the river profile change for 2002 to 2017, it was predicted that the section between Daecheong re-regulation dam and Geumnam Bridge would remain as the present profile and the reach between Maepo and Gongju water stage gage station would have some degradations in several parts, which would be stable as a whole unless it was due to artificial river profile change.

key words : GSTAR-1D, Riverbed-level variation, Degrddation, Aggradation,

요 지

본 연구에서는 GSTAR-1D 모형을 적용하여 대청 조정지댐과 공주 수위표 구간에 대해 1988년부터 2001년까지의 하상변동을 모의하고, 국내 적용성을 평가하였으며, 2002년부터 2017년까지의 장기 하상변동을 예측하였다. GSTAR-1D에서 제공하는 14개 유사이송공식에 대한 모의결과, Acker's & White 공식이 상대적으로 가장 안정적으로 산정되었다. 안정 계산시간 간격은 만제유량(1,000 m³/s)은 7일, 일최대유량(4,273 m³/s)은 3일, 시간최대유량(7,605 m³/s)과 최소유량(8.5 m³/s)은 1일로 분석되었다. 1988년부터 2001년까지의 하상변동 모의결과와 실측자료를 비교-평가한 결과, 대청 조정지댐~매포수위표구간의 하상저하 모의결과는 하상토의 원인으로, 매포수위표~공주수위표 구간의 하상저하 모의결과는 대규모 골재채취에 의해 발생한 것으로 분석되었다. 2002년부터 2017년까지의 하상변동 예측결과는, 대청 조정지댐~금남교 구간은 대부분 현재의 하상이 유지될 것으로 분석되었으며, 매포수위표~공주수위표구간은 일부 구간에서의 하상저하가 예상되었으나, 인위적인 하상변동이 아니면, 전반적으로 안정한 하상을 유지할 것으로 분석되었다.

핵심용어 : GSTAR-1D, 하상변동, 하상저하, 하상상승

* 한국수자원공사 수자원개발처, 수자원사업부장

Korea Water Resourecs Corporation San 6-2 Yeonchuk-dong Daeduk-Gu, Daejeon, 306-711, Korea
(E-mail : sungyoingg@kowaco.or.kr)

** 한국수자원공사 조사기획처 수자원조사부 과장

Korea Water Resourecs Corporation San 6-2 Yeonchuk-dong Daeduk-Gu, Daejeon, 306-711, Korea
(E-mail : bongjinpark@kowaco.or.kr)

*** 충남대학교 공과대학 토목공학과 부교수, 교신저자

Corresponding Author, Associate Professor, Dept. of Civil engineering, ChungNam National University, Daejeon, 305-764 (E-mail : ksjung@cnu.ac.kr)

1. 서론

하천의 하상변동이란 장기적인 하상 저하와 상승, 국부세굴, 홍수 시 하상변동 등 자연적, 인위적인 요인에 의한 하상고의 변화를 의미한다. 하상변동의 공학적인 관심은 인위적인 요인에 의해 비교적 단시간에 일어나는 하천의 변화와 그에 따른 영향에 있다.

하천의 장기적인 하상변동 예측에는 통상적으로 1차원 모형을 적용하고 있는데, 1차원 모형 중 국내에서는 미공병단의 HEC-6 모형(HEC, 1981; HEC, 1991)과 준2차원 모형인 GSTARS(Yang and Francisco, 2000)가 하천 실무에 비교적 많이 적용되고 있다. 미개척국(USBR)에서는 새로운 모델인 GSTAR-1D(Yang et al., 2005)를 개발하여 2005년에 발표하였으나, 우리나라에서는 아직까지 본 모형의 적용 사례가 없었다.

국내의 하상변동에 관한 연구는 남선우(1978)의 팔당댐과 행주대교 구간에 대해 하상변동 해석, 박정웅(1984)의 충적하천의 하상변동에 관한 수치해석, 박상덕 등(1989)의 홍수과에 의한 하상변동의 예측모형, 이재수와 윤용남(1995)의 한강본류의 하상변동에 관한 연구, 유권규와 우효섭(1993)은 HEC-6을 이용한 대청댐 하류의 하상변동예측, 서일원 등(1995)의 GSTAR 모형을 이용한 하상변동 해석가 있으며, 윤세의 등(1997), 이재수(1997), 임창수 등(1999), 안상진 등(2002), 고수현 등(2004)의 연구가 있다.

본 연구에서는 부정류 흐름과 유사이송 모의, 주수로와 홍수터간의 유사 이동을 모의할 수 있는 GSTAR-1D를 선정하였다. GSTAR-1D 모형을 금강 중하류에 적용하여 국내 적용 가능성과 실용성을 분석·제시하고 장기적인 하상변동을 예측 하였다.

2. GSTAR-1D 모형의 적용

2.1 GSTAR-1D 모형의 개요

GSTAR-1D(Generalized Sediment Transport for Alluvial Rivers-One Dimension)는 자연하천과 인공수로에서 수리계산 및 유사이송 해석을 위해 미개척국(USBR)에서 개발한 1차원 모형으로, 정류와 부정류, 내부경계조건, 환상망 하천, 점착성 및 비점착성 유사이송, 측방유입을 모의할 수 있는 이동상 모형이다(USBR, 2005). GSTAR-1D는 다음과 같은 다양한 기능이 있다.

- ① 단일수로, 다지수로 및 환상망 하천에서의 수면형 계산
- ② 상류, 사류, 천이흐름등의 부정류 수리해석 모의
- ③ 정류 및 부정류의 유사이송
- ④ 점착성과 비점착성 유사의 이송
- ⑤ 다양한 범위의 수리적, 유사 조건에 이용 가능한 14개 비점착성 유사량 공식
- ⑥ 주수로와 홍수터 사이의 유량과 유사의 교환
- ⑦ 입경별 유사이송, 하상 분급화, 장갑화
- ⑧ 최소유수력 등의 이론을 이용한 하천 폭 변화의 계산

2.2 모형의 입력자료 구성

2.2.1 하천단면 및 하상자료

금강의 하상변동 분석은 1974년과 1988년, 2002년에 실시된 하천정비기본계획(건설부, 1974; 건설부, 1988 ; 건설교통부, 2002)의 하상단면 측량성과를 활용할 수 있다. 본 연구에서는 1988년의 실측 하상 단면을 입력자료로 하여 하상변동을 모의하고, 2002년의 실측자료와 비교, 검토하여 모형의 검증에 활용하였으며, 2002년의 실측자료를 입력자료로 하여 2015년까지의 장기하상변동을 모의하였다.

하상토의 입경분포는 1988년, 2002년에 실시된 하천정비기본계획의 조사성과(건설부, 1988; 건설교

통부, 2002)를 활용하였다. 1988년 조사성과는 하상변동의 모의 및 검증, 2002년 조사성과는 장기하상변동의 예측에는 사용하였다.

2.2.2 수문자료

GSTAR-1D는 상류단의 경계조건으로 유입유량, 지류의 유입유량 등이 필요하다. 상류단의 경계조건으로 대청댐 조정지댐의 일 방류량자료과 주요 지류인 갑천과 미호천의 일 유입량을 상류단의 경계조건으로 적용하였다. 일 유입량자료는 갑천의 회덕과, 미호천의 석회수위표의 일수위자료를 수위-유량관계곡선식을 적용하여 산장하였다.

장기하상변동은 지속기간 및 유량을 어떻게 모의하는가에 따라 하상변동 및 유사이동의 형태가 달라지므로, 금번 연구에서는 모의유량 조건을 준시계열성을 가진 유량으로 적용하였다. 준시계열성 유량이란 연속적인 1년간의 유량변동을 특정시간동안 유량이 변하지 않는 불연속 유량으로 나열시켜 시계열성을 지닌 유량을 대신하는 것을 말한다. 유량의 지속기간은 1년 단위로 유량변화가 적은 1월부터 6월까지의 6개월 평균유량을 적용하였으며, 유량변동이 큰 7월부터 9월까지의 각 월평균유량, 유량변화가 적은 10월부터 12월까지의 3개월평균을 적용하여 1년 단위로 적용하였다.

2.2.3 유사유입량

유사유입의 경계조건으로 대청 조정지댐에서는 유입 유사량은 없는 것으로 가정 하였다. 지류의 경계조건으로 갑천과 미호천은 2004년에 시행된 금강유역조사(건설교통부, 2004)에서 제시한 회덕과 석회지점의 유량-유사량 관계식을 적용하였다.

2.2.4 유사량 산정 경험공식과 Manning의 조도계수

본 연구에서는 Ackers & White 공식을 적용하였다. Manning의 조도계수는 “금강수계종합정비계획”(건설부, 1988), “금강수계하천정비기본계획”(건설교통부, 2002)에서는 수리계산시 0.027을 동일하게 적용하였고, 유권규와 우효섭(1993)의 연구에서는 전체구간의 조도계수를 0.030, 고수부지에는 0.035이 가장 적정할 것으로 제시한 바 있다. 따라서 금번 연구에서는, 유권규와 우효섭의 연구 성과를 반영하여, 전체구간의 조도계수를 0.030, 고수부지에는 0.035를 적용하였다.

2.2.5 안정계산 시간간격의 결정

안정 계산시간 간격을 결정하기 위하여 만제유량, 시간최대유량, 일최대유량, 최소유량 등의 4개의 유량을 대상으로 계산 시간간격을 1일, 2일, 3일, 4일, 5일, 7일, 10일, 15일로 하여 하상변동을 모의 하였다. 유량의 결정은 만제유량의 경우 대청댐의 무피해 방류량인 1,000 m³/s를 적용하였으며, 최대 유량은 금강 수계 하천정비기본계획(건설교통부, 2002)에서 제시한 공주 수위표지점의 유량에서 시간 최대유량 7,605 m³/s과 일최대유량 4,273 m³/s에 대하여 검토하였다. 최소유량은 공주수위표 지점에서 8.5 m³/s를 최소유량으로 결정하였다.

3. 장기하상변동 예측

모형 평가 결과를 토대로 2002년 하천 측량 단면자료를 이용하여 2017년까지 대청 조정지댐~공주 수위표 구간의 45.4 km에 대해 장기하상변동 예측을 실시하였다. 유량은 1988년~2001년 유량이 향후에 동일하게 재현된다고 가정하였다.

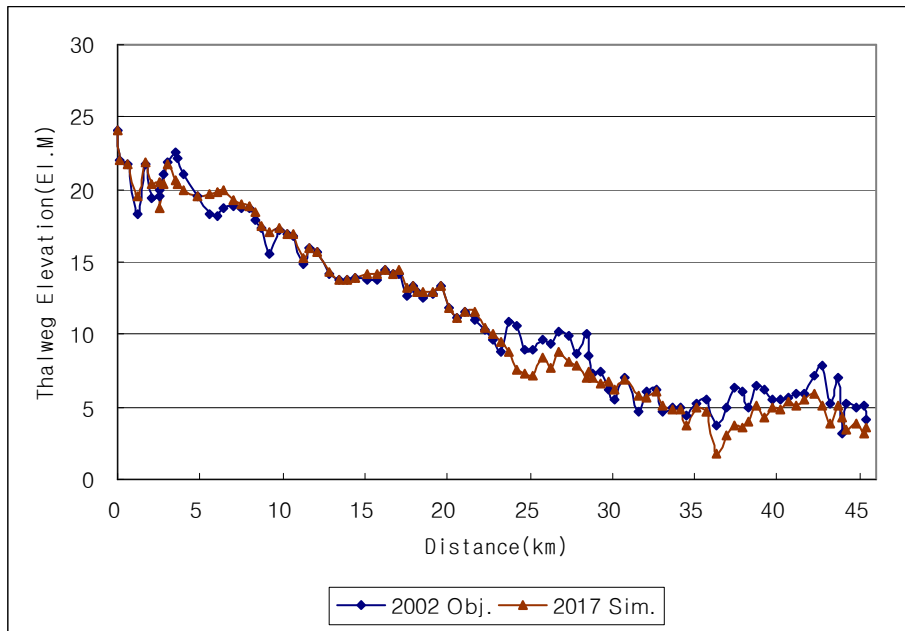


Fig. 1. Prediction of Thalweg Profile in the Guem-River

모의 예측 결과는 Fig. 1과 같이, 대청 조정지댐~금남교 구간은 대부분 현재의 하상이 유지될 것으로 분석되었다. 특히 대청 조정지댐부터 갑천의 합류점전까지는 장갑화를 고려하여 모의 점도 반영된 것으로 판단된다. 매포수위표~금남교 구간의 경우에도 일부구간은 하상의 저하가 예상되며, 금남교 지점은 하상의 변화가 없을 것으로 예측되었다. 금남교~공주수위표 지점까지는 일부구간의 하상저하가 예상되었다. 그러나, 하상골재와 같은 인위적인 하상변동이 아니면, 전반적으로 안정한 하상을 유지할 것으로 분석되었다.

4. 결론

하상변동은 토지이용의 변화, 골재채취, 댐과 저수지 건설 등에 의하여 인위적인 요인과 대규모 홍수시 발생하는 산사태와 같은 자연적인 요인에 의해 발생된다.

금번 연구에는 미개척국(USBR)에서 가장 최근에 개발하여 발표한 GSTAR-1D 모형을 금강 중하류에 적용하여 하상변동을 모의하였다. 금번 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 안정 계산시간 간격을 결정하기 위하여 만제유량 1,000 m³/s, 시간최대유량 7,605 m³/s, 일최대유량 4,273 m³/s, 최소유량 8.5 m³/s 등의 4개의 유량을 대상으로 모의한 결과, 만제유량은 7일, 일최대유량은 3일, 시간최대유량은 1일 적절한 최대 계산시간 간격으로 분석되었다.
2. 2002년부터 2017년의 15년간의 하상변동 예측결과, 대청 조정지댐~금남교 구간은 대부분 현재의 하상이 유지될 것으로 분석되었다. 매포수위표~금남교 구간의 경우에도 일부구간은 하상의 저하가 예상되며, 금남교~공주수위표지점까지는 일부구간의 하상저하가 예상되었다. 그러나, 하상골재와 같은 인위적인 하상변동이 아니면, 전반적으로 안정한 하상을 유지할 것으로 분석되었다.

금번 연구결과 GSTAR-1D의 입력자료 중 하상토의 입도분포가 모형예측 결과에 상당히 많은 영향을 미치고 있어, 신뢰할만한 하상재료 입도 자료를 확보하여 입력 자료로 활용할 수 있다면, 본 모형의 기능과 편리성, 신뢰성 등을 감안할 때 국내 하천에서의 적용성과 활용성은 매우 높을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 건설교통부 (2004). **금강유역조사 보고서**. 한국수자원공사.
- 건설교통부 (2002). **금강수계 하천정비기본계획**. 대전지방국토관리청.
- 건설부 (1974). **금강 하천정비기본계획**.
- 건설부 (1988). **금강수계 종합정비기본계획(II)**.
- 고수현, 송인령, 심창석 (2004). “유사량 산정공식에 따른 유사 및 하상변동 예측에 관한 연구.” **한국환경과학회지**, 한국환경과학회, 제13권, 제3호, pp. 263-277.
- 남선우 (1978). “하천의 유사량과 하천변동에 관한 연구.” 한국수자원학회지, 제11권, 제1호, .
- 박정웅 (1984). “층적하천의 하상변동에 관한 수치해석.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제4권 제1호, pp. 49-58.
- 박상덕, 이원환, 조원철 (1989). “홍수파에 의한 하상변동의 예측모형.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제9권, 제2호, pp. 73-82.
- 서일원, 김대근, 이재형 (1995). “GSTAR모형을 이용한 하상변동 해석.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제15권, 제6호, pp. 1679-1687.
- 안상진, 윤석환, 박남대 (2002). “수치모형을 이용한 하상변동 예측.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제35권, 제6호, pp. 693-701.
- 우효섭 (2001). 하천수리학, 청문각, pp. 573-644.
- 유권규, 우효섭 (1990). “하천 유사량 공식들의 비교평가.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제10권, 제4호, pp. 67-75.
- 유권규, 우효섭 (1993). “HEC-6를 이용한 대청댐 하류의 하상변동예측.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제13권, 제5호, pp. 157-163.
- 윤세의, 이종태, 정재욱 (1997). “하천유역의 유사량 산정 및 하상변동 예측을 위한 영향인자의 평가 분석.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제30권, 제5호, pp. 561-570.
- 이재수, 윤용남 (1995). “한강분류의 하상변동에 관한 연구.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제15권, 제4호, pp.875-884.
- 이재수 (1997). “남한강교지점에서의 장기하상변동 분석.” **Journal of the Institute of Engineering Research**, Jeonju University, Vol. 8, No. 12, pp. 105-114.
- 임창수, 손광익, 이재준, 윤세의 (1999). “수치모형을 이용한 하상변동 예측.” 한국수자원학회, 한국수자원학회논문집, 제32권, 제2호, pp. 131-142.
- HEC (1981). Guidelines for the Calibration and Application of Computer Program HEC-6. U.S Army Corps of Engineering.
- HEC (1991). HEC-6, Sour and Deposition in Rivers and Reservoirs, User's Manual. U.S Army Corps of Engineering.
- Yang C.T, Huang J.V., Gerimann B.P. (2005). *User's Manual for GSTAR-1D*. US Department of Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Sedimentation and River Hydraulics Group.
- Yang C.T, Francisco J.M. (2000). *User Manual for GSTAR 2.1*. US Department of Interior Bureau of Reclamation Techinecal Service Center Denver, Colorado.