

하천 횡단구조물에 의한 하상변동 예측 - 행정중심복합도시 주요 하천구간을 중심으로 -

A Riverbed Change Prediction by River-Crossing Structure
-Focused on the Major River Reaches of the Multifunctional Administrative City-

연구성* · 정상만** · 윤찬영*** · 이주헌**** · 신광섭*****

Yeon, Kyu Sung · Jeong, Sang Man · Yun, Chan Young · Lee, Joo Heon · Shin, Kwang Seob

Abstract

This study has been conducted for the long-term riverbed change prediction on Geum River and Miho Stream surrounding the planned Multifunctional Administrative City and the neighboring regions by the construction of a small dam. Based on the analysis of vertical riverbed changes of the cross-sectional data for the years 1988, 2002 and 2007, minimum bed elevation significantly decreased in both Geum River and Miho Stream in 2007 as compared to 1988. Compared to 2002, however, a slight elevation change was observed. To make a long-term prediction on riverbed changes by the construction of a small dam, a one dimensional HEC-RAS 4.0 model has been used. By the fixed bed model test, the water levels were calibrated. By using the cross-sectional data of 1988 and 2002, verification was conducted under a movable bed model. According to the prediction of riverbed changes for each scenario with varying height of small dam, minor impact is expected around Miho Stream while major impact is expected around Geum River by 2017, as the small dam height increases. If the small dam is 7m-high, for example, it's been simulated that 1.59m deposition would be expected around the upper stream of Miho Stream Confluence while 1.98m scour would be expected around the downstream of the small dam.

Key words : HEC-RAS 4.0, Riverbed changes, Minimum bed elevation, Small dam

요 지

본 연구에서는 행정중심복합도시 예정 및 주변지역의 금강과 미호천 일부 구간을 대상으로 하상변동의 실태분석과 수위유지시설 설치에 따른 장기 예측을 실시하였다. 1988년, 2002년 및 2007년의 횡단자료를 이용하여 대상구간의 종방향 하상변동 실태를 분석한 결과 금강과 미호천 구간 모두 2007년 최심하상고는 1988년에 비해 심한 저하가 발생된 반면 2002년에 비해서는 미소한 변화가 발생되었다. 수위유지시설 설치에 따른 하상변동 장기 예측을 수행하기 위하여 본 연구에서는 1차원 모형인 HEC-RAS 4.0 모형을 적용하였다. 고정상 모형의 수행을 통하여 수면고를 보정(calibration)하였으며, 1988년과 2002년 횡단자료를 사용하여 이동상 모형에서의 검증(verification)을 실시하였다. 2007년을 기준으로 하여 2017년까지 향후 10년간 수위유지시설의 설치 높이에 따른 시나리오별 하상변동을 예측한 결과 미호천 대상구간은 그 영향이 미미하였으나 금강 대상구간은 수위유지시설의 높이가 높을수록 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 수위유지시설의 설치 높이가 7 m일 경우 금강 대상구간은 설치하지 않을 경우보다 미호천합류점 상류부근에서 1.59 m의 퇴적이 발생할 것으로 모의되었으며, 수위유지시설 하류부근에서 1.98 m의 침식이 발생할 것으로 모의되었다.

핵심용어 : HEC-RAS 4.0, 하상변동, 최심하상고, 수위유지시설

1. 서 론

행정중심복합도시 건설청에서는 행정중심복합도시(Multi-functional Administrative City) 예정 지역을 포함한 주변지역

의 수변경관 개선과 친수공간 조성을 위하여 금남교 하류 1.16 km 지점에 수위유지시설(small dam)을 설치하는 것을 고려하고 있다. 이러한 수위유지시설은 하천을 횡단하는 구조물로서 하상의 인위적인 변화를 유발하여 흐름이나 유사량을

*공주대학교 대학원 건설환경공학과 석사과정 (E-mail: ksyoon@kongju.ac.kr)

**정회원 · 교신저자 · 공주대학교 공과대학 건설환경공학부 교수

***(주)삼안 수자원부 과장

****정회원 · 중부대학교 공과대학 토목공학과 부교수

*****공주대학교 대학원 건설환경공학과 석사과정

변화시키며, 이로 인해 하상의 동적평형상태를 복원하는 과정에서 침식과 퇴적이 반복적으로 이루어져 하상변동(riverbed changes)이 발생하게 될 가능성이 있다. 하천구간 내의 하상변동을 분석하고 예측하는 일은 하천관리 연구 분야에서 매우 중요하며, 하천 횡단구조물 건설에 따른 영향평가와 치수계획 측면에서 필수적이라 할 수 있다.

지금까지 하천계획을 효율적으로 하기 위하여 하상변동 예측에 관한 연구가 국내·외적으로 활발히 진행되어 왔다. 국외의 경우 하상변동 예측에 대한 연구는 1970년대에 들어 컴퓨터 수치해석에 의한 수학모형의 개발과 더불어 활발히 전개되었으며, 하천구간 내 장기하상변동을 분석하기 위한 최초의 수학모형으로 CHAR-series가 프랑스의 SOGREAH에서 개발되었다(Cunge 등, 1973). 이후 미육군 공병단에서 개발한 준 정상류 1차원 모형인 HEC-6(Thomas 등, 1977)을 통해 하상변동 예측에 관한 연구가 본격적으로 수행되기 시작하였다. 또한, Yang(1986)은 다지 하천에서의 하상변동 예측이 가능한 BRALLUVIAL 모형을 개발하여 그 적용성을 검토한 바 있으며, Holly 등(1990a, b)은 물의 연속방정식과 운동량방정식에 대하여 유한차분법(finite difference method)을 사용하여 1차원 부정류 해석이 가능한 CHARIMA 모형을 제시하였다. Yang 등(1998)은 하상변동의 종방향 변화와 횡방향 변화를 예측할 수 있는 준2차원 하상변동 모형인 GSTAR 2.0 모형을 제시하고 그 적용성을 검토하였다. 국내의 경우 남선우(1978)가 Brown 공식을 이용하여 팔당댐에서 행주대교까지의 구간에 대해 하상변동 해석을 수행하였다. 이후 박정웅(1984)은 St. Venant 식을 Upwind FDM으로 해석하고 Schocklitsch 유사량 공식을 이용해 하상변동 예측모형을 개발하여 홍수에 의한 한강 하류부의 단기적인 하상변동을 모의하였다. 우효섭 등(1993)은 HEC-6 모형을 충주댐과 대청댐 하류에 적용하여 댐하류 하상의 변화를 분석하였으며, 이재수 등(1995)은 CHARIMA 모형을 한강에 적용하여 장·단기간에 걸친 유사의 이송에 의한 하상변동을 모의

하였다. Seo 등(2008)은 금강의 대청댐하류 구간에 대하여 GSTAR 3.0 모형을 적용하여 하상고의 모의값과 실제값을 비교·검토하였으며, 그 결과를 바탕으로 하상변동의 원인을 분석하였다. 수위유지시설로 인한 하상변동에 관한 연구로는 안승섭 등(2001)은 HEC-6 모형을 이용하여 보 철거 전·후의 하상변동 특성을 분석하였고, 김현석 등(2004)은 SMS 모형을 적용하여 보 철거로 인한 보 상·하류의 하상변동을 예측하였으며, 김호진(2005)은 준 2차원 모형인 GSTARS 3.0 모형을 이용하여 보 철거로 인한 하상변동이 완료되는 시간과 하류에 미치는 영향을 분석하였다.

본 연구에서는 행정중심복합도시 예정 및 주변지역의 금강과 미호천 일부 구간을 대상으로 과거 횡단자료를 이용하여 하상변동 실태를 분석하였으며, 수치모형을 이용하여 하상변동의 원인을 규명하고자 한다. 또한, 1차원 HEC-RAS 4.0 모형을 사용하여 수위유지시설의 설치 높이에 따른 장기 하상변동을 예측하여 향후 대상구간의 효율적인 하천관리와 적절한 수위유지시설 규모를 결정하는데 있어 기여하고자 한다.

2. 대상구간 및 하상변동 이론

2.1 대상구간 선정

본 연구의 대상구간은 계획되고 있는 수위유지시설에 의해 영향을 받을 것으로 예상되는 행정중심복합도시 예정 및 주변지역의 금강과 미호천의 일부 구간으로 선정하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 금강 대상구간은 부강수위표에서 공주수위표까지 27.28 km이며, 미호천 대상구간은 석화수위표에서 미호천 하구까지 9.84 km이다. 대상구간의 수변경관 개선을 위해 설치를 고려중인 수위유지시설의 위치는 금남교 하류 1.16 km 지점이다.

2.2 HEC-RAS 4.0 모형의 하상변동 이론

HEC-RAS 4.0 모형은 2008년에 개선된 모형으로 배수위

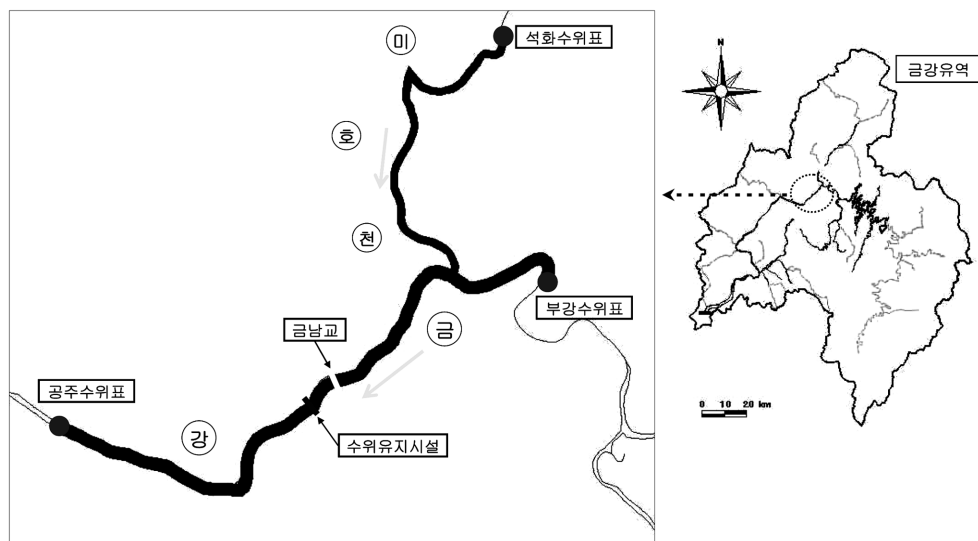


그림 1. 대상구간 위치도

계산과 하상변동을 동시에 모의하기 위해 기존의 하천과 저수지에서의 세굴 및 퇴적을 계산하는 모형인 HEC-6 모형을 탑재한 프로그램으로 미육군 공병단에서 개발하였다(USACE, 2008). HEC-RAS 4.0에서 하상변동 모의의 주요 특징은 다지 하천의 유사 이송 모의가 가능하며, 유량에 따른 하폭의 자동 결정으로 유사 퇴적과 침식의 측방범위를 자동으로 결정하고 유사량 공식의 선택범위를 실측 유사량과 함께 Yang 공식 등 12개 공식으로 입력이 가능하다. 또한, 미립토사의 채부유를 모의하고, 사립자 입경별 분급과 장감화 모의 과정을 개선하였다.

하상변동이나 하상형태의 해석을 위한 이론은 기본적으로 유입유사량과 유출유사량의 관계를 바탕으로 한 유사의 연속 방정식에 기초를 두고 설명할 수 있다. HEC-RAS 4.0에서 하상변동을 해석하기 위한 지배방정식은 유사의 연속방정식인 식 (1)의 Exner 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{B(1-\lambda_p)} \frac{\partial Q_s}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

여기서, x 는 하도에 따른 거리(m), B 는 이동상 하폭(m), η 는 하상고(m), λ_p 는 하상토의 공극률(%), t 는 시간(sec), Q_s 는 총 유사량(tons/m/sec)이다.

3. 대상구간에서의 하상변동 실태분석

대상구간에 대한 하상변동 실태분석을 위하여 “금강수계 종합정비계획(건설부, 1988)”, “금강수계 하천정비기본계획(건설교통부, 2002)” 및 “행정중심복합도시 금강 및 미호천 하상변동 조사(한국토지공사, 2007)”의 횡단자료를 이용하였으며, 종방향과 횡방향 하상변동 실태를 분석하였다. 종방향 분석 결과 그림 2와 그림 3에서 보는바와 같이 금강과 미호천 구간 모두 2007년 최심하상고는 1988년에 비해 심한 저하가 발생된 반면 2002년에 비해서는 미소한 변화가 발생되고 있다. 금강 대상구간의 2007년 최심하상고는 1988년에 비해 평균 2.38 m 저하되었으며, 2002년에 비해 평균 0.20 m 상승하였다. 그리고 미호천 대상구간의 2007년 최심하상고는 1988년에 비해 평균 2.50 m 저하되었으며, 2002년에 비해

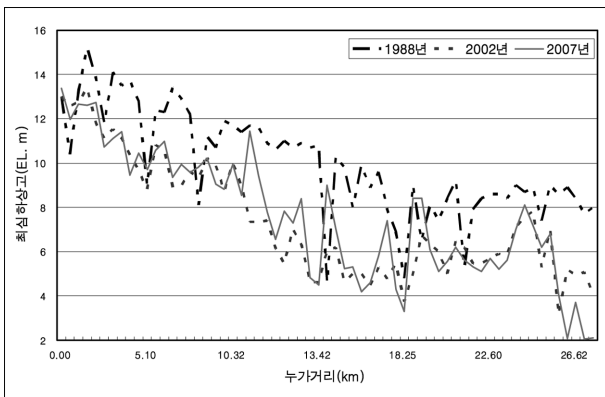


그림 2. 종방향 하상변동(금강)

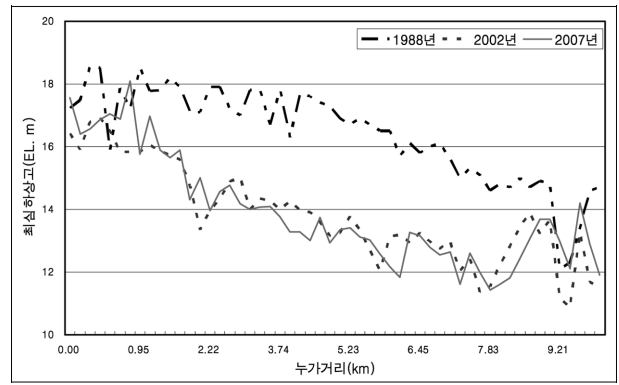


그림 3. 종방향 하상변동(미호천)

평균 0.07 m 상승하였다. 횡방향 분석 결과 금강 단면(부강수위표 지점 하류 7.10 km)의 2007년 하상고는 1988년에 비해 심한 저하가 발생된 반면 2002년에 비해서는 하상고의 변화가 거의 발생되지 않는 것으로 나타났다. 미호천 단면(석화수위표 지점 하류 8.51 km)은 2007년 하상고가 1988년에 비해 많은 차이를 보였으며, 2002년에 비해서도 하상의 세굴이 계속 진행된 것으로 나타났다. 그림 4는 금강 단면(부강수위표 지점 하류 7.10 km)의 횡방향 하상변동을 나타내며, 그림 5는 미호천 단면(석화수위표 지점 하류 8.51 km)의 횡방향 하상변동을 나타낸다.

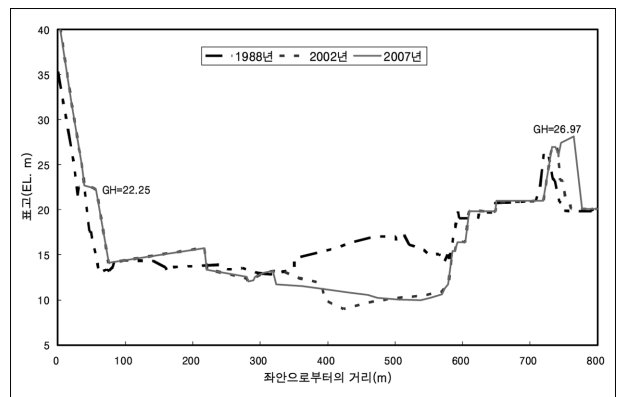


그림 4. 횡방향 하상변동 (부강수위표 지점 하류 7.10 km 단면)

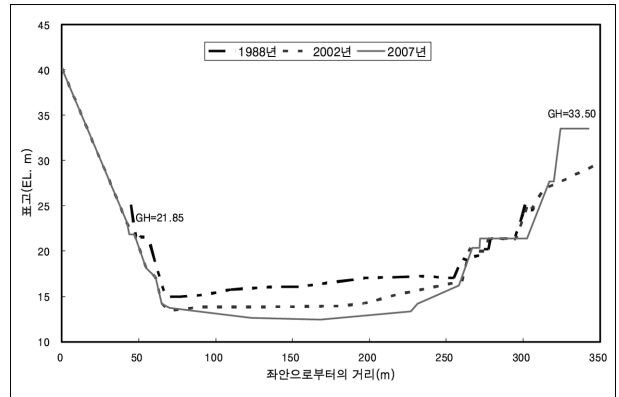


그림 5. 횡방향 하상변동 (석화수위표 지점 하류 8.51 km 단면)

4. 수치모형을 이용한 하상변동 원인 분석

4.1 고정상 보정

고정상 모형의 수행을 통하여 수면고를 보정(calibration)하였으며, 이러한 고정상 보정은 조도계수 값을 보정하기 위한 목적으로 수행하였다. 조도계수는 “금강수계 종합정비계획(건설부, 1988)” 보고서의 값을 초기 값으로 사용하여 수면고를 계산한 뒤 실측 수위와 비교하여 가장 적당한 조도계수 값을 선정하였다. 고정상 보정을 위한 유량자료는 수위가 고수부지고 이상으로 형성된 1997년의 유량자료를 이용하였으며, 모형의 보정 결과 조도계수는 표 1에서 보는 바와 같이 실측 수위에 보다 근접한 0.029를 적용하였다.

4.2 이동상 검정 및 하상변동 원인분석

이동상 모형에서의 검정(verification)과 하상변동의 원인을 분석하기 위하여 본 연구에서는 1988년 및 2002년 횡단자료를 사용하여 수치모의를 수행하였다. 1988년의 횡단면을 초기단면으로 하여 2001년까지 골재채취를 고려한 경우와 고려하지 않는 경우에 각각 하상변동을 모의한 후 2002년 실측 자료와 비교하였다. 여기서 골재채취를 고려한 경우의 하도자료는 1988년의 하도자료에서 대상구간의 골재채취량(1989~2001년)을 고려하여 수정한 하도자료를 의미한다. 비교 결과 그림 6 및 그림 7에서 보는 바와 같이 골재채취를 고려하지 않은 자연 상태에서의 하상고는 금강과 미호천 모두 1988년도의 하상고와 2002년도의 실측 하상고가 거의 일치하는 것으로 나타났으며, 골재채취를 고려한 경우 일부 구간에서 차이가 발생하나 전반적인 경향은 비슷한 것으로 나타났다. 따라서 1988년에 비해 심한 하상저하가 발생한 이유는 1990년대에 이루어진 골재채취에 의한 것이라고 판단된다. 또한 골재채취를 고려한 경우 금강과 미호천 최심하상고의 계산치와 실측치의 결정계수(R^2)가 각각 0.84와 0.82로 나타나 장래 하상변동을 예측함에 있어 HEC-RAS 4.0을 적용하는 것이 큰 무리가 없을 것으로 판단된다. 그림 8과 그림 9는 각각 금강과 미호천에서 최심하상고의 계산치와 실측치의 상관관계를 나타낸다.

5. 수위유지시설 설치에 따른 하상변동 장기 예측

5.1 입력자료의 구축

5.1.1 하상자료 자료

수위유지시설의 설치에 따른 하상변동 장기 예측을 위한 하상자료는 “행정중심복합도시 금강 및 미호천 하상변동조사(한국토지공사, 2007)”에서 채취, 분석된 각 단면별 하상도의

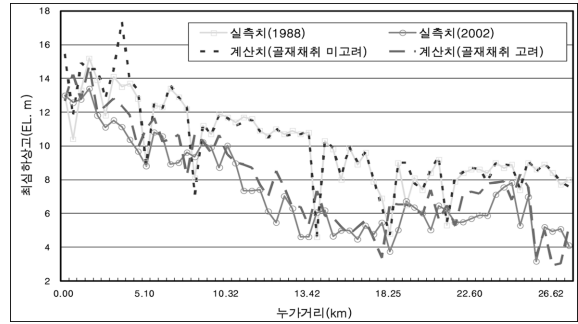


그림 6. 하상변동 분석(금강)

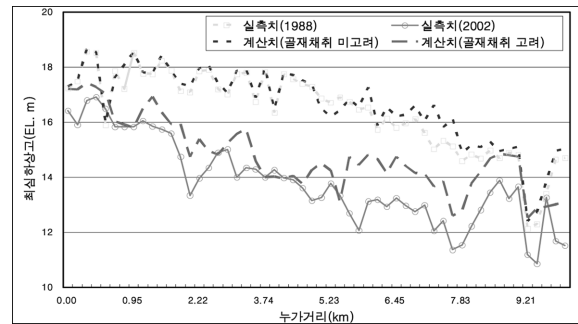


그림 7. 하상변동 분석(미호천)

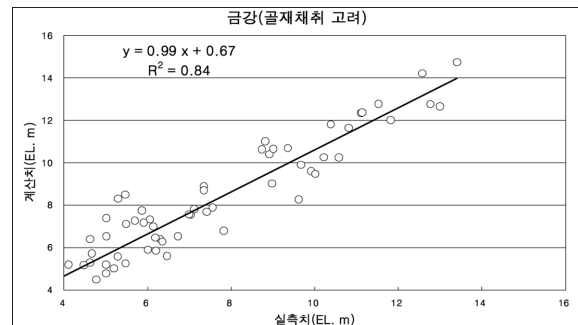


그림 8. 최심하상고의 계산치와 실측치의 상관관계(금강)

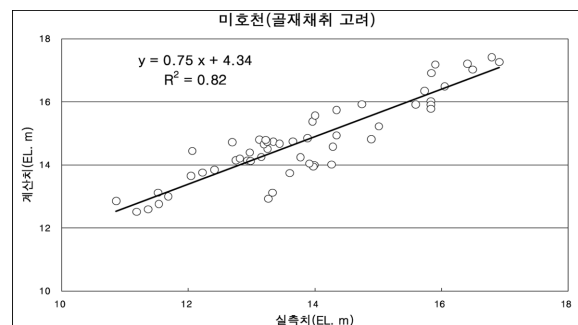


그림 9. 최심하상고의 계산치와 실측치의 상관관계(미호천)

표 1. 고정상 보정 결과

구분	유량조건		
	최소유량 (260.8 m ³ /sec)	만계유량 (1,541.1 m ³ /sec)	최대유량 (2,887.8 m ³ /sec)
금남교 실측 수위(EL, m)	11.81	14.07	16.49
계산 수위 (EL, m)	n = 0.027	11.43	13.95
	n = 0.029	11.44	14.14
			16.42

입도분포를 이용하였으며, 표 2과 표 3는 각각 금강과 미호천 대상구간의 하상도 입자분포를 나타낸다.

5.1.2 유사량 자료

대상구간의 상류단으로 유입되는 유사량 자료는 대청댐 건설 이후의 자료인 “금강유역조사(건설교통부, 2006)”에서 측정된 자료와 “행정중심복합도시 금강 및 미호천 하상변동조사(한국토지공사, 2007)” 측정된 자료를 이용하여 산정한 표 4의 유량-유사량 관계식을 적용하였다. 유사량 공식은 식 (2)의 Yang 공식을 적용하였으며, 침강속도는 식 (3)의 Rubey 경험식을 사용하였다.

$$\log C_t = 5.165 - 0.153 \log \frac{wD}{v} - 0.297 \log \frac{u^*}{w} + \left(1.780 - 0.360 \log \frac{wD}{v} - 0.480 \log \frac{u^*}{w} \right) \log \frac{VS}{w} \quad (2)$$

여기서, C_t 는 유사농도(ppm), w 는 침강속도(m/sec), D 는 유사입경(m), v 는 동점성계수(m²/sec), S 는 하상경사, V 는 평균유속 (m³/sec), u^* 는 마찰속도(m/sec)이다.

$$w = F \sqrt{gD(s-1)} \quad (3)$$

여기서, F 는 Froude 수, w 는 침강속도(m/sec), g 는 중력가속도(m/sec²), D 는 유사입경(m), s 는 상대밀도(kg/m³)이다.

5.1.3 유량자료

장래 하상변동 예측을 위하여 본 연구에서는 준시계열성을 가진 유량자료를 사용하였다. 준시계열성 유량이란 연속적으로 변하는 1년간의 유량변동을 특정 지속기간동안 유량이 변하지 않는 불연속유량으로 나열시켜 시계열성을 지닌 유량을 대신하는 것을 말한다. 공주수위표의 1982년부터 2005년까지

표 4. 유량-유사량 관계식

하천명	지점명	유량 - 유사량 관계식
금강	공주	$Q_s = 0.067Q^{2.1036}$
미호천	석화	$Q_s = 0.2209Q^{1.7542}$

(주) Q_s : 총유사량, Q : 유량

24개년 일유량 자료와 석화수위표의 1966년부터 2005년까지 40개년 일유량 자료를 이용하여 일 평균유량을 산정하였으며, 홍수 시의 하상변동 특성을 고려하기 위해 연최대일유량이 발생하는 날을 기준으로 36시간은 시유량자료를 사용하였다. 위와 같은 방법으로 산정한 일 평균유량이 1월 1일부터 12월 31일까지 계속적으로 발생한다고 가정하여 1월 1일부터 1일단위의 하상변동을 모의하고 이에 따른 하상변동 특성 및 하천단면을 다음날의 하상변동 예측을 위한 초기자료로 활용하였다. 위와 같이 365일을 반복하게 되면 1년간 시계열적 하상변동을 지속기간이 1일인 유량을 이용한 준 시계열적인 하상변동 예측이 되며, 본 연구에서는 2007년을 기준으로 2017년까지 향후 10년간 준 시계열적인 장기 하상변동을 예측하였다.

금강과 미호천에서 지류하천의 측방유입 유량은 각각 공주수위표와 석화수위표를 기준으로 비유량을 이용하여 산정하였다. 그림 10과 그림 11은 각각 공주수위표와 석화수위표 지점의 유향곡선을 나타낸다.

5.2 시나리오별 수위유지시설 높이

행정중심복합도시 예정 지역을 포함한 주변지역의 수변경관 개선과 친수공간 조성 그리고 쾌적한 환경조성 등을 위하여 금남교 하류 1.16 km 지점에 수위유지시설을 설치하는 것을 고려하고 있다. 본 연구에서는 금남교 하류 1.16 km 지점의 평수위(9.66EL.m)를 기준으로 수위유지시설의 설치 높이에 따른 장기 하상변동을 예측하였으며, 수위유지시설의 설치 높이별 시나리오는 표 5와 같다. ‘행정중심복합도시 금강 및

표 2. 하상도 입자분포(금강 대상구간)

구간	평균입경 (mm)		
	D50 (중간입경)	D10 (유효입경)	Dm (평균입경)
금강대교 하류 0.5 km ~ 신공주대교 상류 1.8 km	0.466	0.169	0.499
신공주대교 상류 1.8 km ~ 청벽대교 상류 0.1 km	0.345	0.060	0.341
청벽대교 상류 0.1 km ~ 용수천합류점 하류 0.6 km	0.317	0.109	0.337
용수천합류점 하류 0.6 km ~ 부강수위표 상류 1 km	0.702	0.240	0.740
전구간	0.507	0.167	0.532

표 3. 하상도 입자분포(미호천 대상구간)

구간	평균입경 (mm)		
	D50 (중간입경)	D10 (유효입경)	Dm (평균입경)
미호천 하구 ~ 월산교 상류 0.7 km	1.350	0.530	1.411
월산교 상류 0.7 km ~ 조천합류점 하류 1.0 km	1.538	0.454	1.920
조천합류점 하류 1 km ~ 신미호교 상류 1.9 km	1.236	0.496	2.231
신미호교 상류 1.9 km ~ 석화수위표	1.525	0.503	2.324
전구간	1.430	0.484	2.106

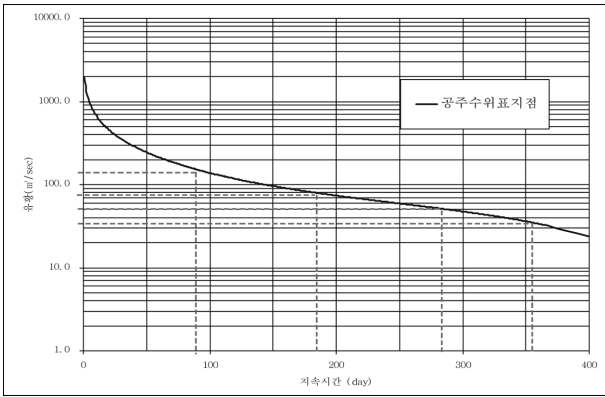


그림 10. 공주수위표 유황곡선(1982~2005년)

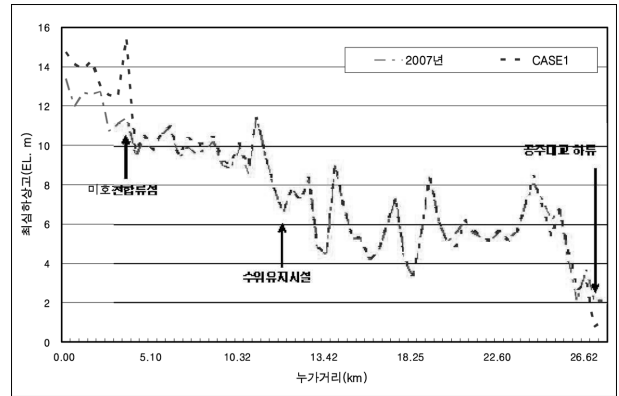


그림 12. 장기 하상변동 예측결과(금강)

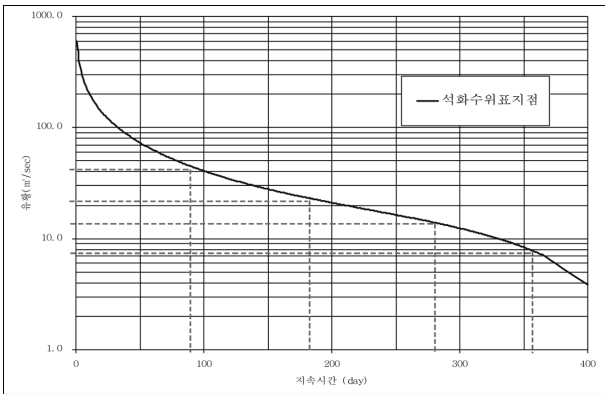


그림 11. 석화수위표 유황곡선(1966~2005년)

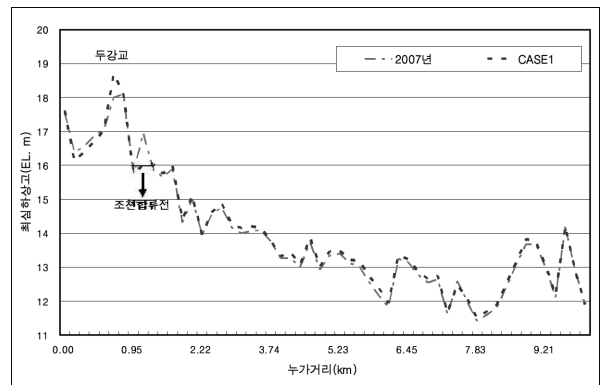


그림 13. 장기 하상변동 예측결과(미호천)

표 5. 수위유지시설의 높이별 시나리오

시나리오	높이(m)	마루고(EL. m)	비고
CASE 1	0	-	평수위 (9.66 EL. m)
CASE 2	2	11.66	
CASE 3	4	13.66	
CASE 4	6	15.66	
CASE 5	7	16.66	

미호천 하상변동 조사(한국토지공사, 2007)에 의하면 수위유지시설의 높이가 7m까지는 수위상승으로 인한 제방월류의 위험이 없는 것으로 분석되었기 때문에 본 연구에서는 시나리오의 설치 높이를 0~7m로 이하로 설정하였다.

5.3 시나리오별 하상변동 장기 예측

CASE 1(미설치)의 경우 2007년을 기준으로 하여 2017년까지 향후 10년간 하상변동을 예측한 결과 금강 대상구간은 최심하상고를 기준으로 미호천합류점과 공주대교 하류부근에서 각각 가장 많은 퇴적(4.08 m)과 침식(-1.28 m)이 발생할 것으로 모의되었으며, 미호천 대상구간은 현재는 수몰된 두강교 지점과 조천합류점 지점에서 각각 가장 많은 퇴적(0.70 m)과 침식(-0.94 m)이 발생할 것으로 모의되었다. 금강과 미호천 모두 일부구간에서 국부적인 하상변동이 발생하였으나 전반적으로 변화는 미미할 것으로 나타났다. 그림 12와 그림 13은 각각 금강과 미호천의 장기 하상변동 예측결과를 나타낸다.

수위유지시설(small dam)의 설치 높이에 따른 시나리오별 장기 하상변동을 예측하여 CASE 1(미설치)의 경우와 비교한 결과 미호천 대상구간은 그 영향이 미미하였으나 금강 대상구간은 수위유지시설의 높이가 높을수록 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 금강 대상구간은 모의 조건이 CASE 2(설치 높이 = 2 m)와 CASE 3(설치 높이 = 4 m)의 경우 CASE 1(미설치)의 경우와 많은 차이를 보이지 않는 것으로 나타났으며, 이에 반해 CASE 4(설치 높이 = 6 m)와 CASE 5(설치 높이 = 7 m)의 경우는 상대적으로 많은 차이를 보였다. 그림 14에서 보는 바와 같이 모의 조건이 CASE 5(설치 높이 = 7 m)일 경우 금강 대상구간은 최심하상고를 기준으로 CASE 1

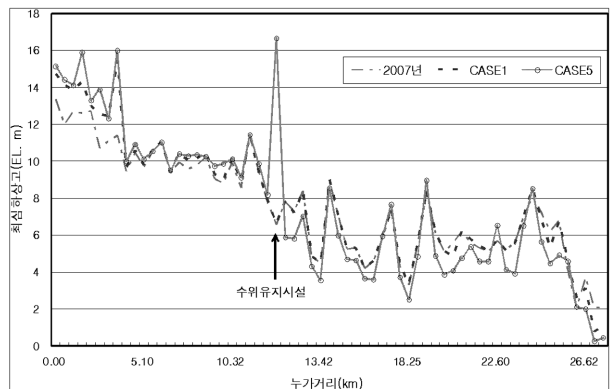


그림 14. 시나리오별 장기 하상변동 예측 결과(금강)

(미설치)의 경우보다 미호천합류점 상류부근에서 1.59m의 퇴적이 발생할 것으로 모의되었으며, 수위유지시설 하류부근에서 1.98 m의 침식이 발생할 것으로 모의되었다. 전반적으로 수위유지시설의 높이가 높아질수록 상류는 퇴적의 경향이 강해지는 것으로 나타났으며, 하류는 침식의 경향이 강해지는 것으로 나타났다.

6. 결 론

본 연구는 행정중심복합도시 예정 및 주변지역의 주요 하천구간을 대상으로 하상변동 실태를 분석하고 수위유지시설의 설치 높이에 따른 장기 하상변동을 예측한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 대상구간의 하상변동 실태분석 결과 금강과 미호천 구간 모두 2007년 최심하상고는 1988년에 비해 심한 저하가 발생되었으나, 2002년에 비해서는 미소한 변화가 발생된 것으로 나타났다.
- (2) 대상구간의 하상변동 분석을 위하여 1차원 HEC-RAS 4.0을 적용하였다. 이동상 모형에서의 검정과 하상변동의 원인분석을 위하여 골재채취를 고려한 경우와 고려하지 않는 경우에 각각 하상변동을 모의한 후 실측자료와 비교하였다. 비교 결과 골재채취를 고려한 경우 금강과 미호천 최심하상고의 계산치와 실측치의 결정계수가 각각 0.84와 0.82로 양호한 결과를 나타내었다. 그리고 골재채취를 고려하지 않은 경우 금강과 미호천 구간 모두 계산치와 실측치가 거의 일치하는 것으로 나타났으며, 골재채취를 고려한 경우 일부 구간에서 하상고의 차이가 발생하나 전반적으로 비슷한 경향을 보였다. 따라서 1988년에 비해 심한 하상저하가 발생된 이유는 1990년대에 이루어진 대상구간의 골재채취가 큰 영향을 미쳤기 때문으로 해석된다.
- (3) 수위유지시설의 설치 높이에 따른 장기 하상변동을 예측한 결과 미호천 대상구간은 그 영향이 미미하였으나 금강 본류의 대상구간은 수위유지시설의 높이가 높을수록 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 수위유지시설의 설치 높이가 7 m일 경우 금강 대상구간은 설치하지 않을 경우보다 미호천합류점 상류부근에서 1.59 m의 퇴적이 발생할 것으로 모의되었으며, 수위유지시설 하류부근에서 1.98 m의 침식이 발생할 것으로 모의되었다. 수위유지시설을 기준으로 하류에 많은 침식이 발생할 것으로 모의되었는데 이는 수위유지시설이 상류로부터의 유입유사를 차단하기 때문으로 판단된다.

건설부 (1988) 금강수계 종합정비계획.
 건설교통부, 대전지방국토관리청 (2002) 금강수계 하천정비기본계획.
 김현석 (2004) SMS모형을 이용한 보철거 후의 하상변동. 한국수자원학회 2004년 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 898-902.
 김호진 (2005) 안양천 보 철거로 인한 하상변동 예측, 공학석사학위논문, 성균관대학교.
 남선우 (1978) 하천의 유사량과 하상변동에 관한 연구. 한국수문학회지, 제11권, 1호, pp. 45-58.
 박정웅 (1984) 홍수시 하상변동에 관한 연구, 공학박사학위논문, 한양대학교.
 안승섭, 이수식, 최윤영, 이증석 (2001). HEC-6모형을 이용한 방사보 철거 전후에 따른 하상변동 특성. 한국방재학회 논문집, 제1권, 3호, pp. 93-102.
 우효섭, 류권규 (1993) HEC-6를 이용한 대청댐 하류의 하상변동 예측. 대한토목학회 논문집, 제13권, 5호, pp. 157-163.
 이재수, 윤용남 (1995) 한강본류의 하상변동에 관한 연구. 대한토목학회 논문집, 제15권, 4호, pp. 875-884.
 한국토지공사 (2007) 행정중심복합도시 금강 및 미호천 하상변동조사.
 Cunge, J.A. and Verdreau, N. (1973) Mobile Bed Fluvial Mathematical Models. *La Houille Blanche*, Vol. 28, No.7, pp.561-580.
 Holly, F.M.Jr. and Rahuel, J.L. (1990a) New Numerical/Physical Framework for Mobile-Bed Modeling, Part 1: Numerical and Physical Principles. *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 28, No. 4, pp. 401-416.
 Holly, F.M.Jr. and Rahuel, J.L. (1990b) New Numerical/Physical Framework for Mobile-Bed Modeling, Part 2: Test Applications. *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 28, No. 5, pp. 545-564.
 Seo, H.S., Jeong, S.M., Kim, L.H., Choi, K.H. (2008) An Analysis of Streambed Changes Downstream of Daecheong Dam. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 8, No. 1, pp. 103-108.
 Thomas, W.A., Prashun, A.L. (1977) Mathematical Modeling of Scour and Deposition. *Journal of the Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 103, No. HY8, pp. 851-863.
 USACE (2008) HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual Ver. 4.0. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.
 Yang, C.T. (1986) *Numerical Simulation of Bed Evolution in Multi Channel River Systems*. Ph. D., Thesis Dissertation, The University of Iowa.
 Yang, C.T., Trevino, M.A., and Simoes, F.J.M. (1998) *User's manual for GSTARS 2.0 (Generalized Stream Tube model for Alluvial River Simulation version 2.0)*. U.S. Bureau of Reclamation, Technical Service Center.

◎ 논문접수일 : 08년 10월 17일
 ◎ 심사의뢰일 : 08년 10월 20일
 ◎ 심사완료일 : 08년 12월 31일