

대청댐 하류구간에 대한 하상변동 분석

An Analysis of River-Bed Changes in the Daecheong Dam Downstream

정상만*, 최규호**, 김도희***

Sang Man Jeong, Kyu Ho Choi, Do Hee Kim

요 지

자연적인 하천은 하도 상황의 변경, 유역 토지이용의 변화, 댐과 저수지, 하천 골재채취의 영향 등 여러 가지 요인에 의해 하상변동이 발생하게 된다.

본 연구에서는 금강 대청댐 하류구간의 실측자료를 토대로 장기하상변동 모의를 하여 예측된 결과와 실측단면을 비교하였으며, 실측단면이 장기하상변동 모의결과보다 상당히 저하된 것으로 분석되었다. 또한 금강의 측량자료를 수집하여 비교분석한 결과 시간이 경과함에 따라 금강의 하상이 지속적으로 저하되는 것으로 나타났으며, 대청댐 하류의 하상고는 대청댐 상류보다 저하폭이 상당히 큰 것으로 나타났다. 원인분석 결과 대청댐 건설로 인한 유사차단으로 인하여 대청댐 하류의 하상고는 지속적으로 저하되는 것으로 판단되었으며, 주요원인으로 금강의 골재채취가 금강하류 하상변동에서 상당히 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다..

핵심용어 : 하상변동, 골재채취, GSTARS3 모형

1. 서 론

국내·외적으로 하천 및 저수지의 많은 장소에서 상당량의 토사가 유동되고 있다. 이와 같은 현상은 토사가 소규모 저수지 및 취수보 등의 저수용량을 감소시키고 있기 때문에 취수, 관개 및 수력이용 등의 목적으로 지표수를 사용하고자 할 때 문제를 야기하게 된다. 따라서 하상의 상승과 저하를 분석하고 예측하는 것은 치수면에서 매우 중요하다.

Harrison(1952), Bates(1953) 및 Bondurant(1955)에 의해 자연수체내에서 토사-흐름 상호작용에 대한 공간적 및 시간적인 퇴적양상을 이해하기 위한 시도가 시작되었으며, 1978년에 Croley 등은 퇴적된 토사의 다짐, 활동상태 재분포를 다룰 수 있는 구체적이고 정교한 모형을 개발하였다. 보다 정밀한 분석을 위해 지난 십여 년은 2차원적 수체흐름, 토사이동 및 하상변동의 예측을 위한 수치적인 과정을 개발하는 시발점이 되었으며, Molinas와 Yang(1986)은 하천유관 방법을 도입한 준2차원 하상변동 예측모형으로서 종방향 및 횡방향의 하상변동을 모의하도록 GSTARS 모형을 개발하였다.

본 연구에서는 대청댐하류 구간의 장기하상변동을 GSTARS3 모형을 사용하여 수치모의하여 실측단면과 비교분석하였으며, 또한 대청댐 건설과 골재채취가 하상변동에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

2. 하상변동 예측과 실측 비교

2.1 대상구간의 선정

본 연구에서는 하상변동 예측모형인 GSTARS3 모형을 적용하기 위하여 국내 하천 중 유사이동 수치모형

* 정회원 · 공주대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : smjeong@kongju.ac.kr

** 정회원 · 공주대학교 건설환경공학과 석사과정 · E-mail : abcde@kongju.ac.kr

*** 정회원 · 공주대학교 건설환경공학과 석사과정 · E-mail : grami99@kongju.ac.kr

적용에 적합한 대상하천을 선정하기 위하여 다음 연구결과를 고려하여 대상하천을 선정하였다(한국건설기술연구원, 1991). 첫째, 하상변동이 충분히 예상되는 하천이어야 하며, 둘째로 신빙성 있는 모형입력자료와 하상변동 자료가 존재하는 하천이어야 한다. 본 연구에서는 장기하상변동 모의를 위한 대상하천구간으로 대청댐역조정지로부터 약 79.3km 하류에 위치한 규암수위표 지점까지 대상구간으로 선정하였다.

2.2 입력자료의 수집

2.2.1 하천지형 자료

대상유역인 금강 대청댐 하류구간에 대한 하도단면 자료로서 취득 및 사용이 가능한 자료는 1974(1975)년 금강 하천정비 기본계획 자료(건설부, 1974, 1975), 1983년 금강 하상변동 조사보고서 자료(건설부, 1983), 1988년 금강수계 종합정비계획 자료(건설부, 1988) 및 2002년 금강수계 하천정비 기본계획 (건설교통부, 2002)의 자료가 있다. 따라서 본 연구에서는 1988년 단면자료를 계산의 시작단면으로 하여 2002년의 실측자료와 비교하여 분석 하였다. 그림 1은 1988년, 2002년 실측된 하천단면 자료로부터 최심선을 따라서 종방향 하상고의 변화를 비교 도시한 것이며 여기서 규암수위표~대청댐역조정지 지점까지 최심하상고가 전체적으로 낮아진 것을 개략적으로 알 수 있다.

2.2.2 조도계수, 마찰계수, 하상재료 자료

본 연구에서는 유속공식은 Manning 공식을 사용하였으며, 조도계수와 마찰계수는 1988년 금강수계 종합정비계획에 수록된 값을 사용하였다. 또한 하천의 사행과 자연적, 인위적 구조물에 의한 에너지 손실을 고려하기 위한 손실계수의 입력은 단면축소 손실계수를 0.1, 단면확대 손실계수를 0.3으로 입력하였다.

2.2.3 유량과 수위자료

모의유량조건을 위해서 본 연구에서는 장래의 유량모의를 준시계열성을 가진 유량을 통하여 시도하였다. 준시계열성 유량이란 연속적으로 변하는 1년간의 유량변동을 특정 지속기간동안 유량이 변하지 않는 불연속유량으로 나열시켜 시계열성을 지닌 유량을 대신하는 것을 말한다. 따라서 지속기간 및 유량을 어떻게 모의하는가에 따라 하상변동 및 유사이동 형태는 달라질 수 있다. 유량자료는 규암수위표 지점의 1988년에서 2002년의 과거 15년에 대한 일유량의 평균유량이 1월 1일부터 12월 31일까지 계속적으로 발생한다고 가정하여 1월 1일부터 1일 단위의 하상변동을 계산하고 이에 따른 하상변동 특성 및 하천단면을 다음 날의 하상변동 예측을 위한 초기자료로 활용하여 365번을 반복하게 되면 1년간의 시계열적 하상변동을 지속기간을 1일로 하는 유량을 이용한 준시계열적 하상변동 예측이 되며, 모의기간동안 14회 반복 계산하였다.

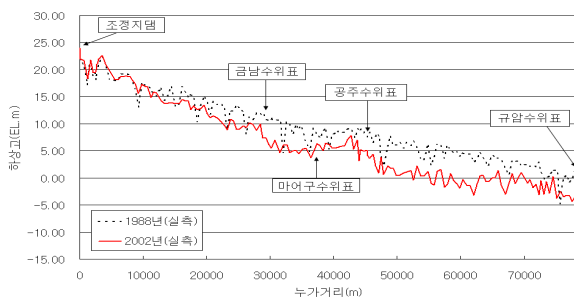


그림 1. 대청댐 하류구간의 실측하상고 비교

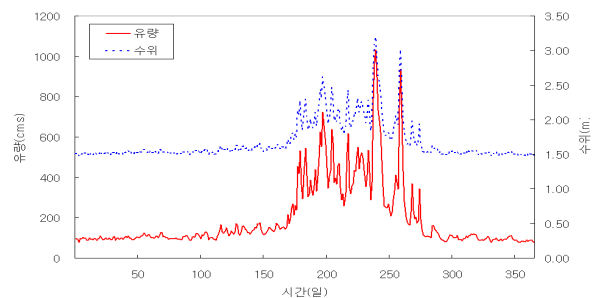


그림 2. 모의에 사용된 유량 및 수위자료

2.3 예측결과 및 실측비교

GSTARS3 모형에서 제공하는 유사량 공식 중 적용가능한 공식 6가지(Meyer-Peter & Muller, Laursen, Toffaleti, Engelund & Hansen, Yang(1973), Yang(1979))에 대해서 1988년 측량자료를 이용하여 2002년까지 각각의 모형의 장기하상변동 모의 결과를 실측치와 비교하였다.

모의결과 모든 유사량 공식이 비슷한 양상을 보였으며, 2002년 실측하상고와는 거리가 먼 것으로 보아 대청댐 하류의 하상저하를 예측하지 못하는 것으로 판단되었다. 그 중 Yang(1979)공식에 의해 모의된 결과를 보면 역조정지에서 미호천 합류전 구간은 하상이 저하될 것으로 예측하였으며, 미호천 합류후에서 규암수위표 구간은 하상이 상승할 것으로 예측하였다. 표 1은 Yang(1979) 공식에 의해 모의된 구간별 최심하상고 변화량이며, 그림 3은 하상변동의 계산치와 실측치, 그림 4는 1988년 실측하상고 대비 2002년 실측하상고의 변화를 나타내고 있다.

표 1. 구간별 최심하상고 변화 예측결과 (단위 : m)

구간 공식	역조정지 ~ 갑천합류전	갑천합류후 ~ 미호천합류전	미호천합류후 ~ 금남수위표	금남수위표 ~ 공주수위표	공주수위표 ~ 규암수위표
Yang(1979)	-4.54	-0.63	0.43	0.28	0.19

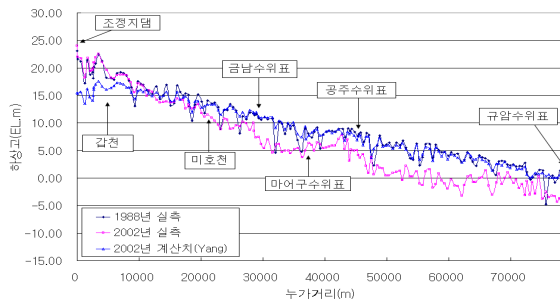


그림 3. 대상구간 하상변동 계산치와 실측치

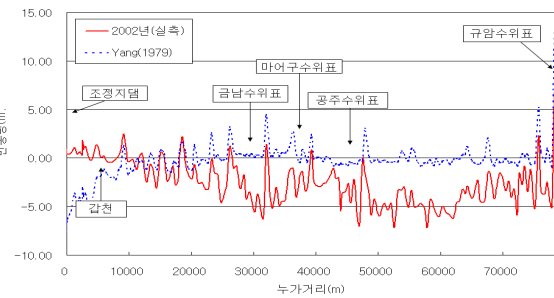


그림 4. 1988년 대비 2002년 최심하상고 변화

3. 하상변동의 원인분석

3.1 대청댐 건설로 인한 하상변동

대청댐은 1980년에 완공되었다. 따라서 대청댐에 의한 하상변화는 1981년경부터라고 추정할 수 있다. 당시의 하천단면을 구하기 위해 하천정비기본계획 보고서, 하상변동조사 보고서 등을 조사한 결과, 댐 완공 직전 또는 직후의 하천단면 실측기록은 없는 것으로 나타났다. 수집가능한 하천단면 자료 중 1974(1975)년, 1988년, 2002년 자료와 금강수계 유량측정조사보고서(건교부, 2005) 과업 수행시 측량한 금남, 공주, 규암수위표 지점의 2005년 최심하상고를 도시하였다. 그림 5는 대청댐 상류구간, 그림 6은 대청댐 하류구간의 하상고를 나타내고 있으며, 그림 7과 그림 8은 대청댐 하류의 하상저하 상황을 시각적으로 보여주며, 음영으로 표시된 곳이 하상 저하가 된 곳이고 사선이 들어간 곳은 하상 상승이 된 곳이다.

표 2는 주요지점의 하상고를 나타내고 있다. 표 2를 보면 1974(1975)년 보다 1988년에 하상이 낮아지고 2002년에 하상저하가 더 심해지는 것을 알 수 있다. 대청댐 상류구간의 댐 건설전 1974(1975)년 평균하상고는

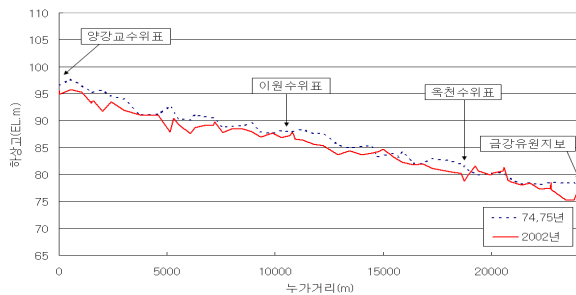


그림 5. 대청댐 상류의 하상변동

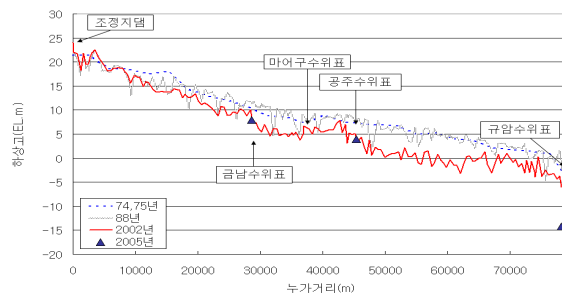


그림 6. 대청댐 하류의 하상변동

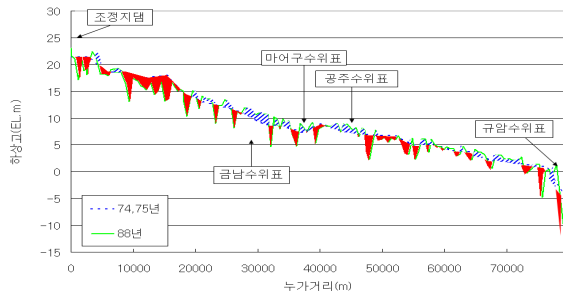


그림 7. 대청댐 하류의 하상저하 상황 (1974 ~ 1988)

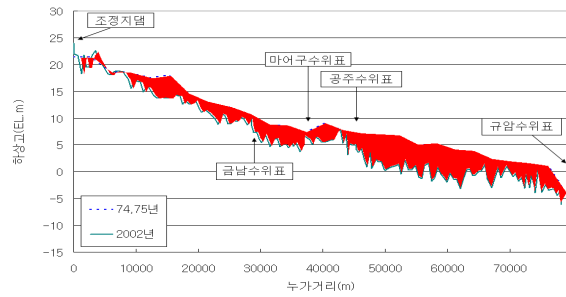


그림 8. 대청댐 하류의 하상저하 상황 (1974 ~ 2002)

표 2. 주요지점의 하상고

구 간	누가거리 (m)	지 점	하상고(EL.m)				비 고
			74,75년	88년(74,75년과 차이, m)	2002년(74,75년과 차이, m)	2005년(74,75년과 차이, m)	
대청댐 상류	0	양강교	96.48	-	95.65 (-0.83)	-	
	10,655	이원	87.92	-	87.18 (-0.74)	-	
	18,755	옥천	81.51	-	78.75 (-2.76)	-	
	24,145	금강유원지보	76.70	-	78.49 (1.79)	-	
		평균하상고	85.65	-	85.02 (-0.63)	-	
대청댐 하류	28,600	금남	8.74	11.44 (2.70)	8.55 (-0.19)	7.93 (-3.51)	
	36,960	마어구	8.56	9.04 (0.48)	5.01 (-3.55)	-	
	45,400	공주	7.65	8.01 (0.36)	4.10 (-3.55)	3.92 (-4.09)	
	78,310	규암	-4.20	-12.84 (-8.64)	-6.07 (-1.87)	-14.27(-10.07)	
		평균하상고	5.19	3.91 (-1.28)	2.90 (-2.29)	-	

86.25m이었으나 2002년 평균하상고는 85.19m로 1.06m 저하된 것으로 분석되었다. 대청댐 하류구간은 댐 건설 전 1974(1975)년 평균하상고는 9.25m이었으나 1988년 평균하상고는 9.17m로 0.08m 낮아졌으며, 특히 조정지점으로부터 하류 15km 구간은 평균적으로 1m 이상 저하된 것으로 나타났다. 2002년에는 평균하상고가 6.65m로 1974(1975)년 대비 2.60m가 낮아진 것으로 분석되었다. 대청댐 상류구간보다 하류구간의 하상고 저하가 상당히 크게 나타났으며, 시간이 경과함에 따라 지속적으로 하상고가 낮아지는 것으로 나타났다. 이러한 대규모 하상 저하는 댐에 의해 상류에서 유사 공급이 차단되었으나 홍수시 물은 그대로 내려오므로 하천의 평형 상태가 깨어진 결과로 보인다. 대청댐 건설 전·후와 대청댐 상·하류의 하상고를 비교하여 볼 때, 이는 댐 건설로 인한 대청댐 상·하류의 유사 차단의 영향이 주요원인으로 하상고 저하가 발생한 것으로 판단된다.

3.2 골재채취로 인한 하상변동

본 연구구간은 과거 골재채취가 활발히 진행되었던 구간이다. 골재채취는 90년대 건설경기의 붐과 더불어 급격히 증가하였으며, 금강 종합개발사업의 일환으로 1996년부터 2001년까지 대규모 골재채취를 실시하였다. 표 3은 규암수위표에서 대청댐역조정지 구간 1989년에서 2001년 사이 골재채취량을 나타내고 있다.

골재채취로 인한 하상변동의 영향을 알아보기 위하여 모의된 하상단면과 실측 하상단면의 체적차이는 골재채취로 인하여 발생한 것이라는 가정을 하였다. 체적의 차이를 계산하기 위하여 GSTARS3 에서 모의된 횡단면과 실측횡단면의 차이를 계산한 후 다음단면까지의 구간거리만큼 적분하는 방법으로 규암수위표에서 대청댐역조정지 구간에 대하여 체적차이를 계산하였다. 계산방법은 실제 스케일대로 모의된 횡단면과 실측횡단면을 그린 후 그 차이 면적을 계산하였다. 모의된 단면은 기존의 하천유사량 공식의 비교분석연구(한국건설기술연

구원, 1989)에서 상당히 양호한 유사량 공식으로 분석된 Yang(1979) 공식에 의해 모의된 횡단면을 사용하였다. 그림 9과 그림 10은 공주수위표와 금남수위표 지점의 모의된 횡단면과 실측횡단면을 도시하고 있다.

계산결과 체적의 차이가 약 4,286만 m^3 이 나는 것으로 분석되었으며, 이 중 골재채취량 3,342만 m^3 은 이에 약 78%에 해당한다. 따라서 금강의 하상변동에 골재채취는 상당히 큰 영향을 미친 것으로 판단된다.

표 3. 대상구간의 골재채취량 (단위 만 m^3)

구 분	89년	90년	91년	92년~94년	금강 종합개발사업(계획량)	합 계
골재채취량	134.8	232.4	377.6	948.0	1,649.2	3,342.0

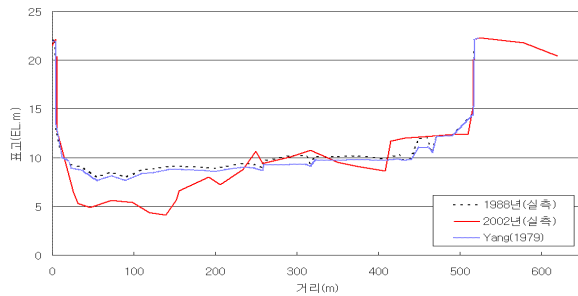


그림 9. 공주수위표 지점의 횡단면

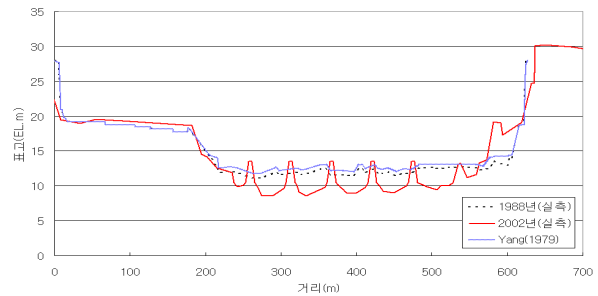


그림 10. 금남수위표 지점의 횡단면

4. 결 론

본 연구는 금강의 대청담하류구간에 하상저하 발생에 따른 하상변동에 대한 원인을 대청담 건설과 골재 채취 측면에서 분석하여 보았다.

대청담 건설 전·후, 또한 대청담 상·하류의 단면자료를 수집하여 하상고를 비교분석 결과 담 하류의 하상고는 시간이 흐를수록 낮아지는 경향이 있었으며, 담 상류보다 하류에서 하상저하가 심한 것으로 분석되었다. 이러한 대규모 하상 저하는 담에 의해 상류에서 유사 공급이 차단되었으나 홍수시 물은 그대로 내려오므로 하천의 평형 상태가 깨어진 결과로 발생한 것이다. 따라서 대청담의 유사차단으로 인하여 금강의 대청담 하류지역의 하상고 저하가 발생하였다고 사료된다.

GSTARS3 모형으로 예측된 하상과 2002년 실측하상을 비교하였을 때 체적의 차이가 발생하였으며, 이 체적을 골재채취량과 비교한 결과 골재채취가 하상변동에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

- 건설교통부(2002), 금강수계 하천정비기본계획.
- 건설부(1988), 금강수계 종합정비계획.
- 건설부(1974), 금강 하천정비기본계획.
- 건설부(1975), 금강 하천정비기본계획(2).
- 충청남도(1995), 금강종합개발사업(1단계) 실시설계 보고서.
- 한국건설기술연구원(1989). 하천유사량 산정방법의 선정기준 개발.
- 한국건설기술연구원(1991). 하상변동예측모형의 비교분석, 건기연 91-WR-112.
- 한국수자원학회(2005), 하천과 저수지의 세굴과 퇴적 예측(1, 2차원 모형의 적용), 제14회 수공학 Workshop
- Chih Ted Yang and Francisco J.M. Simoes(2002). User's Manual for GSTARS3 (Generalized Sediment Transport model for Alluvial River Simulation version 3.0) U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.