

# 대청댐 상·하류의 장기하상변동

김규한\*, 윤병만\*\*, 유권규\*\*\*, ○현성원\*\*\*\*

## 1. 서론

일반적으로 하천은 장기간에 걸쳐 흐름방향이나 하상등에 변화를 일으키며 평형상태를 이루게 된다. 또한 하천정비, 댐의 건설, 골재채취, 기타 다른 하천구조물의 축조 등으로 인위적 환경변화가 발생하게 되면 하천의 평형상태는 파괴되고 이를 복원하는 과정에서 다시 침식과 퇴적을 거치게 된다. 장기간에 걸친 이러한 하상의 변동을 하상변동이라 하고 보통 1차원 해석이 적용된다. 일정한 구간에서 상류단면으로부터의 유입토사량과 하류단면으로 부터의 유출토사량에 의해 그 구간에는 하상상승(aggradation) 및 하상저하(degradation)가 발생하게 되어 하상변동을 이루게 된다.

장기하상변동에 대한 연구는 Thomas와 Prasuhn(1977)이 에너지방정식을 시산법으로 푸는 HEC-6모형을 제안한 이후부터 본격적으로 이루어지기 시작하였다. Chen 등(1975)은 St. Venant 방정식을 이용한 부정류 해석이 가능한 UUWSR모형을 개발하였고 Chang과 Hill(1977)은 샌디에고대학에서 1972년부터 수행된 연구를 바탕으로 FLUVIAL-11모형을 개발하였다. 그후 Holly와 Karim(1983)은 미주리강의 자료를 이용하여 IALLUVIAL모형을 개발하였고 Yang(1986)은 이를 발전시켜 다지하천에서의 예측을 위한 BRALLUVIAL모형을 제시하였다. 국내의 하상변동에 대한 연구는 미흡하여 남선우(1978)가 Brown공식을 이용하여 팔당댐~행주대교 구간의 하상변동을 예측한 후부터 시작된다. 우효섭과 유권규(1991)는 하상변동 예측모형의 비교분석을 통하여 하상변동에 관한 이론을 정리하고, HEC-6모형을 비롯한 기존의 하상변동 모형들을 비교·분석하였으며 HEC-6모형을 충주댐 하류구간과 대청댐 하류구간에 적용시켰다. 그후 비교적 활발한 연구가 진행되어 김영성(1993)은 캐나다 수자원연구소에서 개발한 MOBED모형을 금강구간에 적용하였고 서일원(1994)은 GSTARS모형을 금강 대청댐 하류구간과 한강팔당댐 하류구간에 적용시켰다.

본 연구에서는 이러한 하상상승 및 하상저하현상에 대한 이론적 검토와 하상변동 예측모형중 신뢰성 및 적용성이 우수한 것으로 인식되고있는 HEC-6모형을 이용하여 대청댐 상류 저수지 구간과 대청댐 하류구간에 대해 적용시켜 현지적용성을 검토하고 장래의 하상변동까지 예측하여 보았다. 연구 수행에 있어서 대청댐 상·하류의 일관된 자료가 부족하고 상류부의 유입토사가 대청댐 하류로 전달되지 않는다고 볼 수 있으므로 대상구간을 대청댐 상류와 하류부로 나누어 수행하였다.

## 2 자료조사 및 입력자료의 결정

### 2.1 지형자료 조사

- 
- \* 관동대학교 건설환경시스템 공학부 조교수
  - \*\* 명지대학교 토목·환경공학과 부교수
  - \*\*\* 한국 건설기술연구원 선임연구원
  - \*\*\*\* 명지대학교 토목·환경공학과 석사과정

본 연구의 범위는 대청댐을 중심으로 하류로 약 80km에 위치한 규암까지와 상류로 약 87km에 위치한 이원면까지를 설정하였다. 대청댐은 콘크리트 중력식과 석괴식의 복합형 댐으로서, 길이는 495m, 높이는 72m이며 총 담수용량은 14억 9천만 $m^3$ 이고 유효 저수량은 7억 9천만 $m^3$ 에 이른다.

하류구간의 이용 가능한 단면자료는 74, 75년(하천정비기본계획), 83년(하상변동조사보고서), 88년(하천정비기본계획)의 자료가 있다. 이중 74, 75년의 자료를 계산의 시작 자료로 이용하였고 88년 자료를 이용해 모형의 검증에 하였다. 사용된 단면의 수는 규암에서 조정지댐까지 총 157개의 단면중 8개의 부정확한 단면을 제외한 149개의 단면을 이용하였다. 그림 1은 74, 75년의 하상종단면도이다.

대청댐 상류의 단면자료는 한국수자원공사(1991) 보고서 부록 부분에 수록된 HEC-2입력자료를 부분적으로 수정하여 계산의 시작단면으로 이용하였다. 사용된 단면의 수는 본류 169개이며 지천은 고려하지 않았다. 그림 2는 이 구간의 하상 종단면도이다.

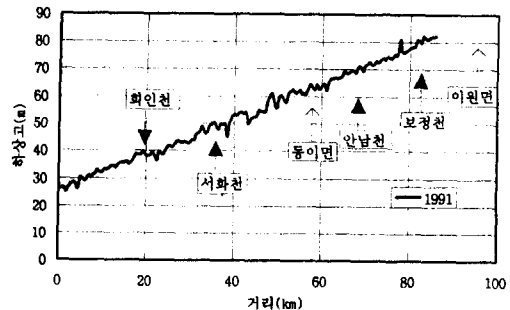
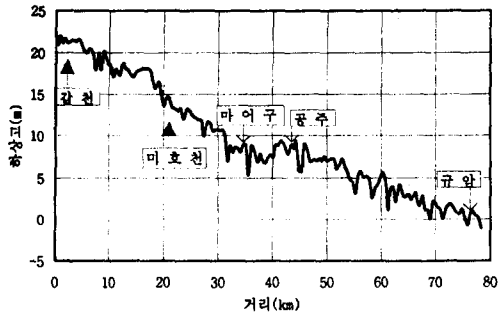


그림 1 대청댐 하류부의 하상종단면도 (74, 75년)      그림 2 대청댐 상류부의 하상종단면도(91년)

## 2.2 하상특성 자료조사

댐 상류측에 대한 하상도 자료는 전혀 구할 수가 없어 대상 구간중 옥천군 이원면(단면 No. 169)과 옥천군 동이면(단면 No. 102)의 시료를 채취하여 채분석을 수행하여 하상도 자료로 이용하였다. 댐 하류측에 대한 하상도 자료는 기본적으로 우효섭과 유권규(1991)가 건설부(1974, 1975)자료를 정리하여 놓은 것을 이용하였다. 그림 3은 채취한 하상도의 채분석 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 상류부는 주로 자갈, 호박돌 등 굵은 입자로 하상이 구성되어있고 하류부는 전체적으로 볼 때 상당히 균등하여 하류로 갈수록 세립화되는 경향이 있다. 이중 조정지 댐~갯천 합류점 구간은 자갈, 호박돌 등이 상당량 포함되어 부분적 장갑화 현상이 보이나 본 하상도 입경분포에는 반영되지 않아 실측치가 계산치보다 다소 높게 추정될 수 있다.

## 2.3 유량자료 조사

연구대상 구간의 하류경계인 규암의 일수위자료를 살펴보면 86년을 기준으로 수위가 약 1m정도 저하된 것을 알 수 있다. 그러나 수위표의 영점수위나 다른 변동사항이 기록된 바가 없어 자료의 신뢰성이 의심스러워 인근의 비교적 신뢰성있는 공주의 수위-유량관계곡선을 이용하여 일유량을 산출하여 이를 이용하여 규암의 수위를 역산하였다. 지천인 미호천과 갯천의 유입유량은 수위-유량곡선이 없거나 유량계산시에 이상치가 많아 유역면적비로 유량을 산출하여 이용하였다.

대청댐의 방류량 및 수위자료는 한국건설기술연구원의 데이터베이스에서 대청댐의 일방류량 및 일수위자료(81. 1~95. 9)를 수집하였다. 이 자료를 이용하여 작성한 유입량 유황곡선은 그림 4에 나타나있다. 또한 상류단에서 유입유량은 1991년~1995년의 기간은 한국건설기술연구원의 수자원 데이터베이스에 실측자료가 있어 이를 이용하였으며, 1996년~2016년까지는 유황곡선을 이용하였다.

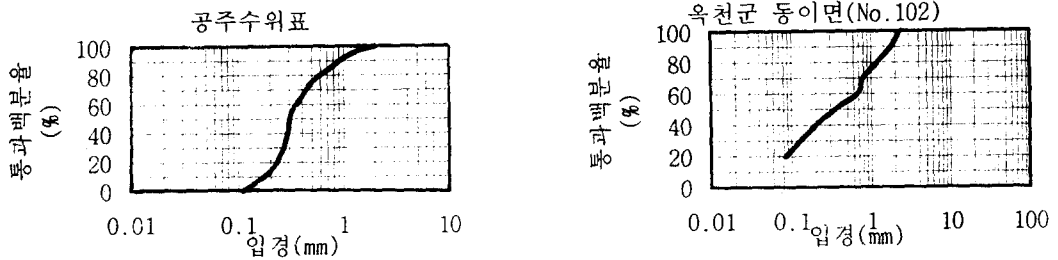


그림 3 하상토의 채분석 결과

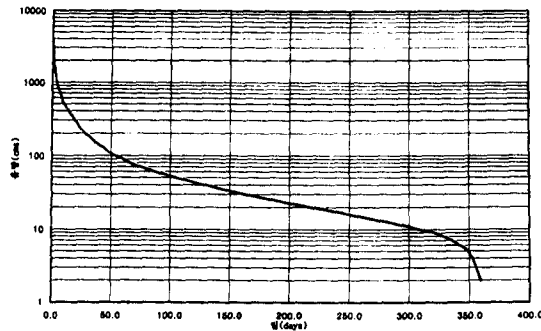


그림 4 유황곡선

### 3 모형검증을 위한 실측치와 계산치의 비교검토

본 연구에서는 하류부 하상저하 현상을 검토하기 위해 74, 75년 실측결과를 이용하여 88년까지의 계산을 수행하여 실측치와 비교하였다. 그림 5는 88년 계산치와 실측치를 비교한 것이다. 전반적으로 88년 실측치를 잘 재현해 주고 있다고 볼 수 있으나 갑천 합류점~미호천 합류점간의 하상세굴을 정확하게 예측하지 못하고 있으며 조정지 댐 직하류 약 5km 정도의 구간은 하상이 실측치보다 많이 계산되고 있다. 이것은 하상토가 실제보다 지나치게 작은 값으로 입력되었기 때문일 것으로 추정된다. 미호천 합류점에서 마어구 수위표까지의 구간은 대량의 골재채취로 실제보다 크게 계산되었다.

상류구간은 대상구간의 자료가 충분치 않아 모형의 보정 및 검증 과정을 수행하지 못하였다.

### 4 하상변동 예측

#### 4.1 하류단에서의 하상변동 예측

1988년 실측된 하상측량 자료를 기준으로 하여 20년 이후의 장기하상변동을 예측하였다. 계산간격은 5년 간격으로 구분하여 각각의 시기에 대해 비교 분석하였다. 그림 6은 각각 1988년과 1993

년, 1998년, 2003년, 2008년의 결과를 비교한 것이며 각 그림마다 40km구간을 도시하였다.

88년으로부터 5년후인 1993년의 하상변동 상황은 그림에서 볼 수 있듯이 비교적 많은 하상변동은 나타나지는 않는다. 단, 기준점으로부터 45km 지점 공주 수위표 직하류 부위에 1m이내의 하상저하와 67km 지점으로부터 72km 지점까지 약간의 하상저하 및 상승이 보여질 뿐 변화량은 극히 미소하다. 10년 후인 1998년에는 보다 활발한 하상변동이 보여지며 갑천주위에 1m 전후의 하상저하가 나타남을 알 수 있다. 15년뒤인 2003년의 하상변동에서는 갑천주위 5km 구간은 활발한 변동 현상이 나타나 최고 2m 정도의 하상저하가 발생하고 있다. 또한 기준점으로부터 67km지점에도 길지는 않지만 약 2m 정도의 하상저하 현상이 나타나고 있다. 20년후인 2008년의 변동상황은 2003년의 변화와 비교했을 경우 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

이와 같은 결과로부터 대청댐 하류부의 변동상황은 2003년에 거의 안정상태에 돌입함을 예측할 수 있다고 하겠다.

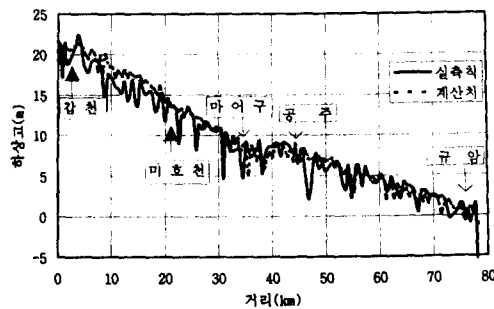
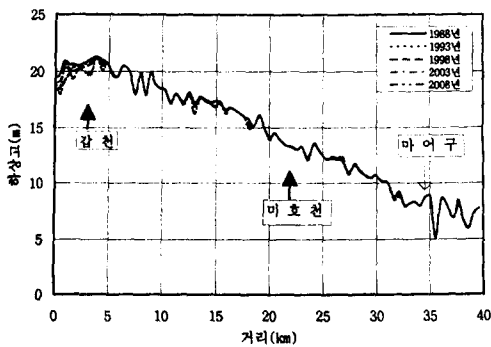
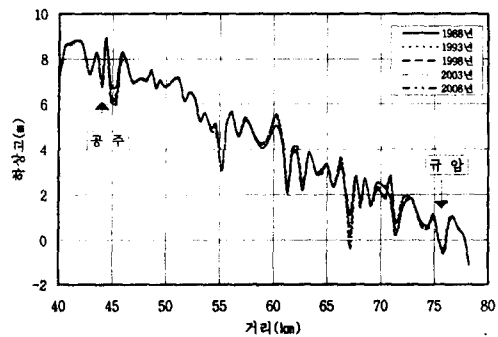


그림 5 88년도 계산치와 실측치의 비교



(0~40km 구간)



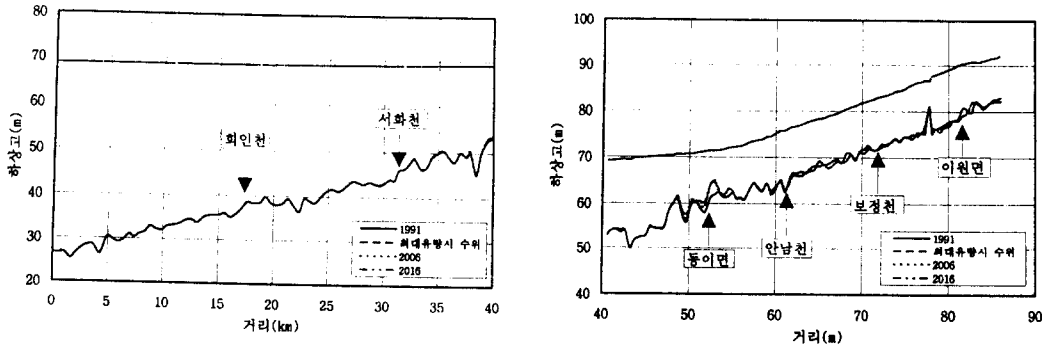
(40~80km 구간)

그림 6 대청댐 하류부의 장래 하상변동 예측

#### 4.2 대청댐 상류부의 하상변동 예측

앞서 살펴본 바와 같이 대상 구간의 하상단면 자료는 1991년에 측량된 자료이다. 그림 7은 10년 후인 2006년과 20년후인 2016년의 계산결과를 나타낸 것이다. 위의 계산결과를 보면 의외로 저수지내 하상 상승량이 매우 작음을 알 수 있다. 이는 저수지에 유입되는 유사량이 매우 작기 때문인

것으로 여겨진다. 실제 대청댐 퇴사조사 결과에 의하면 대청댐은 축조후 10년간(1980~1991) 저수량의 변화가 없는 것으로 나타났으며, 이는 유 퇴적이 거의 없다는 것으로 추정할 수 있다. 다만 댐 상류 50km 근처에서 2~3m정도의 하상 상승을 보이고 있는데 이것은 이 지점이 저수지의 물꼬리에 해당하는 지점으로 모래, 자갈등이 퇴적되기 때문으로 추정된다.



(0~40km 구간)

(40~90km 구간)

그림 7 대청댐 상류부의 장래 하상변동 예측

## 5 결론

대청댐 하류부의 1974년 실측자료를 이용해 1988년까지의 하상변동을 재현하고 실측하상고와 비교해 본 결과 골재채취 등에 의한 국부적, 인위적 변화를 제외하고는 모형의 재현성이 전반적으로 우수한 것으로 입증되었다. 또한 20년후의 장래예측결과 변동상황이 합리적으로 모의 되었다고 판단되며, 갑천주위의 하상저하 현상은 댐 하류부에 하상저하 현상이 발생한다는 이론을 모형상에서도 입증해주는 것이라 할 수 있다. 댐 상류부에 대한 예측결과는 저수지구간에 대한 최근의 실측자료가 존재하지 않기 때문에 1996년까지의 일부 결과에 대해서도 검증은 할 수 없는 상황이지만 댐 건설이후 10년간 저수지 퇴사량이 크지 않다는 실측결과를 감안하면 장래예측 결과 또한 타당성이 있는 결과라 여겨진다. 다만, 저수지내 유사량 자료나 상류부 유사량에 대한 실측자료가 존재하지 않아 예측결과에 대한 약간의 오차는 피할 수 없을 것으로 여겨진다.

## 참고문헌

- 김영성, (1983). "MOBED를 이용한 하상변동의 예측", 공학석사학위논문, 서울대학교.
- 건설부, (1974). 금강 하천정비기본계획.
- 건설부, (1975). 금강 하천정비기본계획(2).
- 건설부, (1983). 금강 하상변동조사보고서.
- 건설부, (1988). 금강 수계 종합정비계획(I).
- 건설부, (1988). 금강 수계 종합정비계획(II).
- 남선우, (1978). "하천의 유사량과 하상변동에 관한 연구", 한국수문학회지, 제11권, 제1호.
- 우효섭, 유권규, (1991). 하상변동 예측모형의 비교분석, 한국건설기술연구원.
- 서일원, (1994). 하상변동 예측기법의 개발연구, 국제수문개발계획(IHP)연구 보고서.

- 한국수자원공사, (1991). 대청 다목적댐 저수지 퇴사량 조사보고서.
- Chang, H.H., Hill, J.C., (1977). "Minimum Stream Power for Rivers and Deltas", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 103, No. HY12, pp.1375-1389.
- Holly, F. M. Jr. and Karim, M. F., (1983). Computer Simulation Prognosis of the Degradation of the Missouri River between Gavins Point Dam and Iowa's Southern Border, Iowa Institute of Hydraulic Research, Report No.276.
- Thomas, W.A., Prasuhn, A.L., (1977). "Mathematical Modeling of Sediment Transport Scour and Deposition in River Channels", 17th Congress, IAHR, Vol. 1, pp.137-144.
- Yang, J. C., (1986). Numerical Simulation of Bed Evolution in Multi-Channel River Systems, Ph. D., Thesis Dissertation, The University of Iowa, Iowa City, Iowa.