

초기방류, 퇴사배제 및 생태통로를 위한 댐 저부 복합 배사관 설계

Design of multi flush gate at lower part of dam body for initial discharge, deposited sediment emission and ecological tunnel

최병규*, 한정식**, 강태호***, 최경록****

Byung Kyu Choi, Jung Sik Han, Tae Ho Kang, Kyung Lok Choi

요 지

'96년, '98년, '99년 3차례에 걸쳐 임진강 유역과 경기북부 지역의 집중호우로 이 지역의 막대한 인명피해 및 재산피해가 발생하여 이에 대한 대책으로 한탄강홍수조절용 댐을 계획하였다. 한탄강 홍수조절댐은 초기방류를 목적으로 상용여수로를 월류부를 통한 방류가 아닌 댐 제체에 방류관(EL.55.0m)을 설치하여 방류하므로 댐지점에 퇴사되는 토사를 효율적으로 배제시켜주어야 한다. 또한 댐 상·하류의 생태단절을 감소시키기 위하여 댐체 저부에 생태통로가 계획, 홍수시 이를 통하여 배사가 원활하도록 배사관을 겸용하도록 하였다. 본 연구에서는 수리모형실험을 통하여 배사관으로 퇴사되는 토사가 원활하게 배출이 되는지를 검토하였으며, 배사실험을 위한 상류부 경계조건으로는 HEC-6모형 이용 댐상류 12km지점에서 댐지점까지의 퇴사량 및 댐지점 2km상류지역은 SED-2D모형을 통하여 퇴사량을 산정하여 이를 비교하여 댐 직상류의 퇴사량과 퇴사량을 결정하여 적용하였다. 실험사례는 연평균 유하량, 200년 빈도 홍수량, 댐수위 EL.55.0m이하 방류시로 하였으며, 이에 따른 배사효과를 분석 배사관 설계의 적정성을 확보하였다.

핵심용어 : 상용여수로, 생태통로, 배사관, 퇴사, 수리모형실험, HEC-6, SED-2D

1. 서론

현재 우리나라의 콘크리트 댐(Concrete Gravity Dam) 시공실적이 거의 없는 상태이며, 대부분 필댐(Fill Dam)으로 건설되어졌다. 우리나라 콘크리트 댐으로는 합천댐, 충주댐 등이 운영되고 있으며, 성덕댐은 시공중에 있다. 일반적인 콘크리트 댐에서는 필댐(Fill Dam)과는 달리 여수로 및 생태통로, 배사관과 같은 월류구조물들을 댐 본체 내에 두는 것이 일반적이다. 그러나 과거에 만들어진 합천댐, 충주댐이나 현재 시공중인 성덕댐은 배사관과 생태통로가 고려되어 있지 않아서 댐 상류에 저류되는 퇴사량은 준설과 같은 방법으로 배제시켜왔다.

한탄강홍수조절댐은 홍수조절용댐으로 변경되면서 환경부협의('07.11)결과, 기존의 하천 환경보존을 위해 생태통로와 배사관을 댐체에 설치하는 개방댐으로 계획하였다. 배사관과 생태통로 여수로를 함께 홍수시에 운영함으로써, 홍수방류 능력을 극대화 시키고 댐 상류에 퇴적되

* 정회원 · (주)삼안 수력부 부사장 · E-mail : bkchoi@samaneng.com
** 정회원 · (주)삼안 수력부 상무 · E-mail : jshan@samaneng.com
*** 정회원 · (주)삼안 수력부 이사 · E-mail : thkang@samaneng.com
**** 정회원 · (주)삼안 수력부 대리 · E-mail : klchoi@samaneng.com

는 퇴사량을 배제시키고자 하였다. 이러한 방법은 국내 콘크리트댐에서는 사례가 없는 관계로 수치해석과 수리실험모형을 통하여 배사관(생태통로)의 능력을 검토하여야 한다.

본 연구에서는 한탄강홍수조절댐에 설치되어 있는 배사관(생태통로)의 능력을 정량적으로 평가하기 위하여 SED-2D 모형을 이용하여 배사관 설치 전·후의 퇴사량을 비교하였다. 또한, 정성적인 평가를 위해서 한탄강홍수조절댐과 동일한 모형을 구축한 뒤 수리실험모형을 실시하였다.

2. 수치해석을 통한 배사관 능력평가

2.1 기초자료 수집 및 경계조건

2차원 배사 수치해석은 2차원 정상 및 동수역학적인 유사이송과 하상변동을 모의할 수 있는 SED2D 모형을 이용하였다. SED2D는 점토질 하상, 모래질 하상에 대한 유사이송을 분석하고 입경별이 아닌 대표입경에 대해서만 모의가 가능하며 총 유사량 공식은 Ackers-White(1973) 공식을 적용하였다. 2차원모형을 모의하기 위한 대상구간은 HEC-6에 의해 댐 건설 전·후의 하상변동의 차이를 거의 볼 수 없었던 한탄강홍수조절댐 상류 2km지점까지로 결정하였으며 유량 조건과 모의기간은 연평균유량 28.3m³/s 일 때 10년, 20년, 30년, 50년 및 100년으로 하였다.

2.2 2차원 SED-2D 수치해석 결과

SED-2D에 의한 모의결과를 살펴보면 모의구간 내에서 배사관(생태통로)의 유무와 상관없이 댐 체체의 영향으로 침식보다 퇴적이 활발하게 진행되었으며, 댐 상류 10m 지점과 상류가물막이댐 상류 120m 지점에서 가장 큰 퇴적이 발생하였다. 최대 퇴적고는 배사관(생태통로) 설치 전에는 2.12m, 배사관(생태통로) 설치 후에는 1.08m로 나타나 설치 전·후의 퇴적고는 약 1m 정도 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한 댐 건설 전·후와 상관없이 모의기간이 10년이 지나면 퇴적되는 유사량의 변화가 크지 않은 것으로 나타나 하상이 안정상태인 것으로 판단된다.

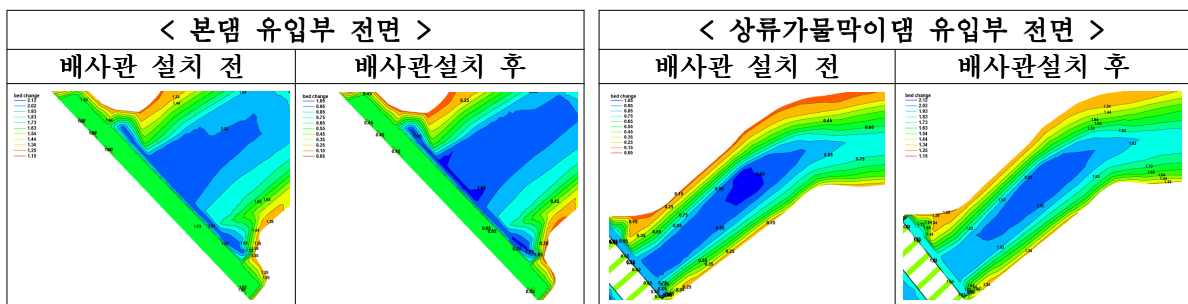


그림 1. 본댐 및 상류가물막이댐 유입부 전면 하상변동(모의기간 100년)

댐 상류구간에 대해 댐 건설 후 200년 빈도의 고수위가 유지되는 3일동안의 유사이송 및 하상변동 모의결과를 분석한 그림은 다음 그림 2. 와 같다. 모의결과 전반적으로 주수로 내에서 침식보다는 퇴적이 활발하게 작용하였으나 댐 상류에서 댐에 가까워질수록 퇴적되는 양이 점점 줄어들어 약 0.01~0.03m의 유사만이 퇴적되었고 배사관(생태통로)과 상용여수로로 유입되는 고 유속의 흐름으로 인해 유입부 바닥에서 0.79~0.89m 정도의 하상이 침식되는 것으로 나타났다.

댐 하류구간의 모의결과는 전반적으로 침식보다 퇴적이 국부적으로 발생하는 구간이 발생하였다. 이는 댐으로부터 유입되는 유사가 퇴적된 것으로 판단된다.

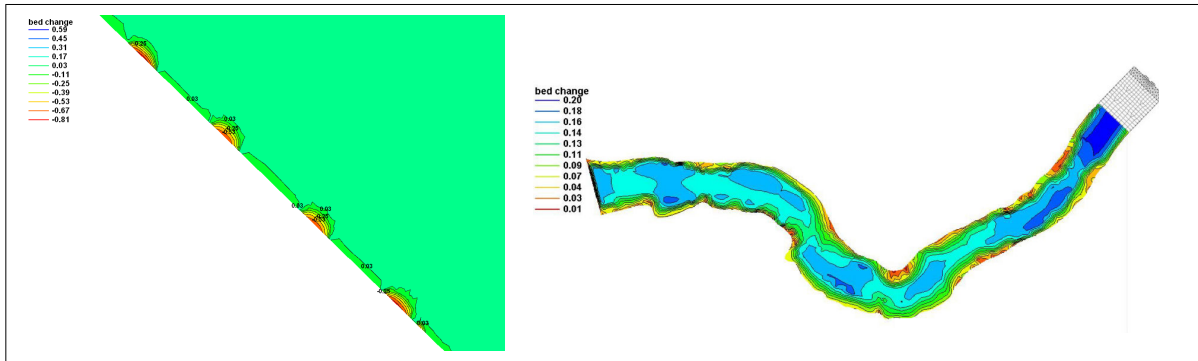


그림 2. 200년 빈도 홍수위에 따른 하상변동(좌 : 댐 상류, 우 : 댐 하류)

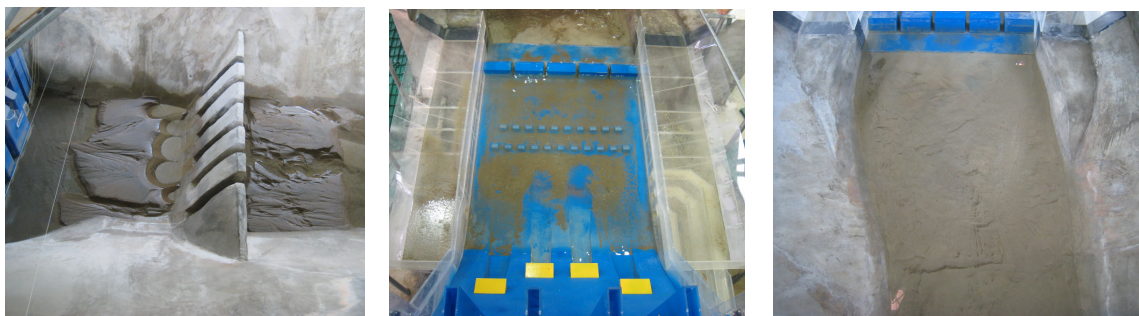
3. 수리모형실험을 통한 배사관 능력평가

3.1 수리모형실험 조건 및 방법

수리모형실험은 한탄강댐 상류부터 하류까지를 실험대상 구간으로 해야 하나 전 대상을 포함 하기에는 한계가 있다. 따라서 상류저수지 코퍼댐 수치실험결과를 토대로 일정량의 퇴적상태를 경계조건으로 설정하여 연평균 방류시(28.3m³/s), 200년빈도 방류시, 저수위 EL. 55.0m에서의 배사효과를 실험하였다. 각 실험 시간은 4시간으로 하였으며, 모형사의 유효입경은 0.3~0.4mm로 하였다. 각 실험은 배사관(생태통로)을 개방한 상태와 개방하지 않은 상태의 실험을 실시하여 비교하여야 하나 배사관이 닫힌 상태는 상류코퍼댐 Slit 높이(EL.45m)까지 퇴사되었다고 가정하여 배사관(생태통로)을 개방하지 않은 상태는 본 연구에서 제외하였다.

3.2 연평균유량(28.3m³/s) 방류시

수리모형실험결과 배사관(생태통로)을 통하여 방류되는 유사에 의해 본댐에서 상류코퍼댐 방향으로 약 27m부근까지 EL.43m 정도로 퇴적하고, 그 이후부터 상류코퍼댐 까지 약 EL.46.5m 정도 퇴적되는 것으로 관측되었다. 배사관(생태통로) 바닥 EL.44m를 기준할 때, 바닥 높이 이하로 토사가 퇴적되어 배사문비를 폐쇄하지는 않는 것으로 나타났다. 또한, 상류 하천의 퇴사를 살펴보면 배사관(생태통로)을 개방하지 않은 상태보다 배사를 방류한 경우보다 크게 배사배제 효과가 나타난다고 할 수 없었으며, 하류 하천도 유입유사가 크게 발생하지 않는 것을 알 수 있다.



<상류 저수지>

<감세지>

<하류 하천>

그림 3. 연평균유량 방류시 배사 실험 결과

3.3 200년빈도 방류시

200년빈도 방류시 유량이 많아지고, 접근유속도 크기 때문에 연평균 방류시보다 상류코퍼댐과 본댐 사이의 퇴사량이 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. 본댐부에서 상류코퍼댐 방향으로 약 40m 부근의 퇴사는 약 42.7m 정도였으며, 그 이후부터 상류코퍼댐까지는 45.0m인 것으로 나타났다. 하류하천에 우안쪽으로 사륜형식의 퇴적양상이 확인 되었으며, 우안 곡면부에서 퇴적이 일부 나타났다. 200년빈도의 홍수를 이용하여 댐 상류부의 퇴사량의 일부를 하류로 흘러보냈으며, 댐 하류하천은 그로인한 유사이송과 유사퇴적이 일어났음을 알 수 있다.



그림 4. 200년빈도 홍수량 방류시 배사 실험 결과

3.4 댐 수위 EL.55m 이하 방류시

상류 저수지 수위 EL.55m 이하 방류시 토사방몰에 의한 수문 폐쇄는 일어나지 않았으며, Baffle 블록 전면 배사관(생태통로)과 상용여수로 방류관 사이에 20cm 이하로 일부 퇴적 되었으며, 그 외 부분에는 퇴적이 나타나지 않았다.

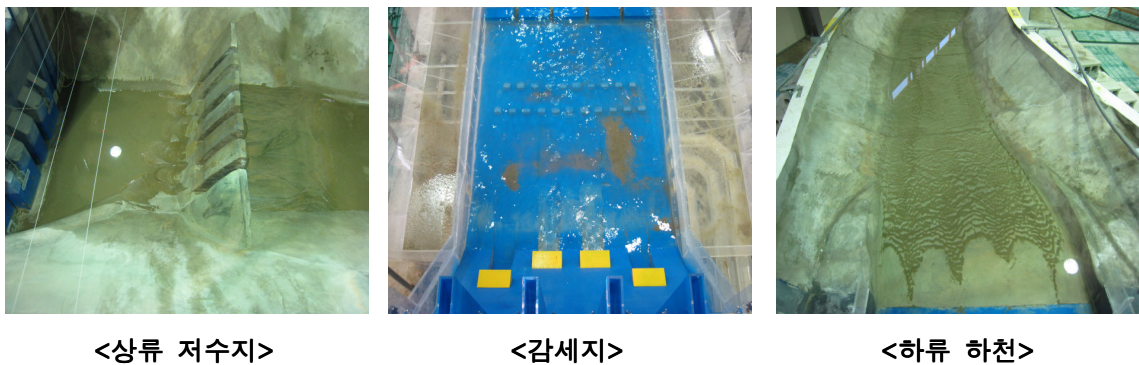


그림 5. 댐 수위 EL.55m 이하 방류시 배사 실험 결과

4. 결론

한탄강홍수조절댐을 대상으로 배사관(생태통로)을 설치하였을 경우와 배사관을 설치하지 않았을 경우에 대해 2차원 SED-2D 모형을 모의하였다. 모의기간을 100년으로 모의한 결과 댐 상류부에서 배사관이 없을 경우 최대 퇴적고는 2.12m였으며, 배사관을 설치하였을 경우에는 1.08m

로 약 1m의 퇴사량 감소효과를 가져오는 것을 알 수 있었으며, 모의기간 10년 정도가 지나면 유사량의 변화가 거의 없는 안정상태인 것으로 나타났다.

200년빈도의 고수위가 유지되는 3일동안의 유사이송 및 하상변동을 모의하여 홍수량 방류시 배사관의 막힘현상으로 인해 방류량이 줄어드는 현상 등을 검토하였다. 검토결과 댐 상류에서는 전체적으로 퇴적이 많이 발생하였으나, 배사관(생태통로) 부근에서는 유속이 빨라져 0.79 ~ 0.89m 정도의 하상침식이 발생하였다. 댐 하류는 상류에서 배사관(생태통로)를 통해 유입되는 유사로 인하여 국부적인 퇴적이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

수리모형실험 결과에 따르면 연평균유량(28.3m³/s) 방류시에는 유출되는 배사량이 많지 않은 것으로 나타났으나 방류시 배사관(생태통로)를 토사방출에 의한 수문폐쇄는 일어나지 않았다. 200년빈도 홍수량 방류시의 실험결과에서는 상류 퇴사의 많은 양이 상류에 퇴적되지 않고 하류로 방출되는 것을 확인하였다. 또한 댐 수위 EL.55m 이하 방류에서는 연평균유량 방류시와 마찬가지로 수문폐쇄는 일어나지 않았다.

수치해석과 수리모형실험 결과에서 나타난 것과 같이 댐 제체에 배사관을 두어 홍수시 상류 저류지에 퇴적되어진 토사를 방류시키는 방법은 200년빈도와 같은 홍수가 발생할 경우 상류 저류지 퇴적 토사의 감소효과를 가져오는 것으로 나타났으며, 평시(연평균유량, 댐 수위 EL.55m)의 유량을 방류시킨다 하더라도 배사관(생태통로)의 막힘현상은 발생하지 않았다. 이러한 결과로 볼 때, 콘크리트 댐의 설계시 배사관을 두어 배사를 배제시키는 방법은 구조적인 문제나 하류하천의 국부적인 퇴적문제를 해결한다면 한탄강홍수조절댐의 상류저수지 토사 퇴적 문제를 해결할 수 있을 것이며, 앞으로 콘크리트 댐 설계시 댐체에 배사관을 설치하는 방법이 상류 토사를 배제 시키는 방법으로 실효를 거둘 수 있을 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한국수자원공사(2008). 한탄강댐 본댐 및 부대시설공사 설계변경 기본 및 실시설계 보고서
2. 한국수자원공사(2008). 한탄강댐 본댐 및 부대시설공사 설계변경 수리 모형 실험 보고서
3. 박영진외 2명(2007). 중소규모 댐 상류의 SED-2D 모형을 이용한 장기간 유사 거동 모의 연구, 한국환경관리학회
4. 김성택(2006), 모형실험을 통한 댐 구조물의 수리학적 현상 연구, 대전대 대학원 석사학위논문
5. 최민하(2002). SMS를 이용한 장·단기 하상변동 해석, 고려대 대학원 석사학위논문
6. 김성준외 3명(2004). SMS를 이용한 경안천 하류구간의 하천흐름 분석, 한국지리정보학회
7. 심재금외 7명(1987). 달방댐 수리모형실험, 한국건설기술연구원
8. 명노길외 5명(1987). 운문댐 수리모형실험, 한국건설기술연구원
9. 한국수자원학회(2005), 댐설계기준
10. 한국수자원학회(2005), 하천설계기준
11. SMS SED-2D 매뉴얼