

댐 저수지의 퇴사요인과 토사관리 방법

○박민서**, 박종화*, 신용희***

1. 서론

댐 저수지유역에 있어서 토사유입에 의한 퇴사의 진행은 중요한 사회자본인 저수용량을 감소시키는 원인이 되고 있으며 결과적으로 댐과 저수지의 수명을 단축시킨다. 따라서 유역에서 유입되는 토사유출을 규정짓는 요인을 찾아내어 유출 토사량을 예측하는 것은 댐과 저수지의 유지와 관리에 매우 중요하다¹⁾. 댐 저수지의 퇴사현상에는 여러 인자가 복잡하게 관련되어 있으나 퇴사현상을 명확하게 이해하고 수계에 일관된 댐 저수지 토사관리 시스템을 확립하여 댐과 저수지의 수명을 연장시키는 것이 앞으로의 수자원을 지속적으로 관리해 가는데 필요 불가결하다.

한편 다목적댐 등에서 발전용 댐의 경우 유역전체에서 유출되는 토사량의 예측식이 제시되고 있으나 농업용 댐 유역의 경우는 다른 목적의 댐 유역과 비교하여 유역면적이 적은 특징이 있어 종래의 예측식 적용에는 문제가 있다. 따라서 앞으로 농업용 댐 유역 전체에서 유출되는 토사량을 예측할 수 있는 방법을 마련하기 위해서는 댐 저수지 유역 퇴사의 원인과 토사관리방법을 파악해 둘 필요성이 있다.

따라서 본 논문에서는 댐 저수지의 토사문제에 관해 유역에 관련된 종합적 검토 없이는 해결되기 어려운 문제로 생각하여 댐 저수지 토사와 관련된 유역의 토사요인과 토사 거동 및 특징을 통하여 앞으로 토사관리에 고려할 사항을 제시하고자 한다.

2. 댐 저수지의 퇴사요인과 토사의 구성

1) 댐 저수지 퇴사요인

댐 저수지 유역에서 퇴사되는 요인을 생각할 때 퇴사의 지배인자로는 댐 저수지와 무관한 유역요인과 댐 저수지의 요인으로 대별할 수 있을 것이다. 그림 1과 같이 유역인자는 댐과 저수지의 유무에 관계없이 댐과 저수지지점에 토사가 유입되게 하는 요인이 될 것이고, 저수지요인은 댐과 저수지 건설에 따라 댐과 저수지에 담수되는 물의 작용 등에 의해 발생하는 요인이 될 것이다. 그림 1에는 댐 저수지 퇴사의 지배요인과 유역요인 및 저수지요인의 관계를 나타냈다. 유역에 위치하는 댐과 저수지 지점의 어떤 지점을 생각할 때 단위 연, 유역면적 당 유출되는 토사량을 연 비유사량(specific sediment load)이라 할 때 오랜

* 충북대학교 농공학과 석사과정

** 충북대학교 농공학과 교수

*** 한국수자원공사 수자원연구소 인턴연구원

기간에 걸쳐 나타나는 연 비유수량의 평균값은 유역의 특성을 나타내는 것으로 생각하자. 한편, 어느 시점에서 그 지점에 댐과 저수지가 축조되면 유출토사량의 일부는 저수지퇴사가 될 것이다. 이 관계를 그림으로 나타내면 그림 2와 같다. 그림에서 토사포착율(trap efficiency, T_E)은 유입 토사변화량 ΔQ_T 에 대한 퇴사변화량 ΔS_T 의 비로 나타낼 수 있을 것이다²⁾.

$$T_E(\%) = \frac{\Delta S_T}{\Delta Q_T} \times 100 \quad (1)$$

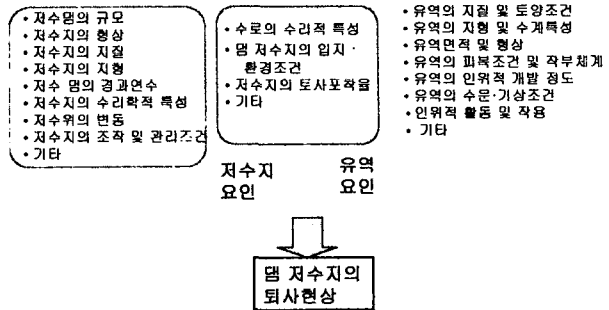


그림 1 댐 저수지의 퇴사요인과 퇴사현상의 관계

여기서, 토사포착율(trap efficiency, T_E)은 유입 토사량이 100%가 포착되는 소류사의 경우 의미를 갖지 못하며 부유사나 미세부유사(wash load)와 같은 세립성분의 경우는 크기에 따라 퇴사에 중요한 의미를 갖는다.

따라서, 토사포착율은 저수지의 특성량과 유역의 특성량의 비와 밀접한 관계를 나타내는 것으로 보고 되고 있다.

우리나라의 경우 댐 건설의 역사가 짧아 퇴사문제가 아직 크게 가시화되지 못한 면도 있고 하여 퇴사량의 고려와 검토가 이루어지고 있지 않은 관계로 이에 관한 데이터가 거의 축적돼 있지 못한 실정에 있다. 앞으로 기후, 지질구분 등에 따라 댐 저수지유역의 퇴사량을 검토해 나가야 될 것이다.

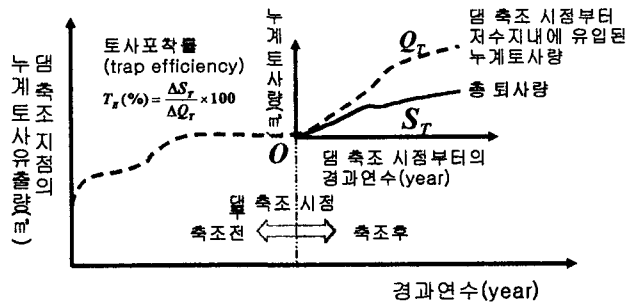


그림 2 댐 저수지 지점에서의 토사유출량과 저수지퇴사량과의 관계

2) 댐 저수지 토사의 구성

저수지 유입 토사의 전체유역 퇴적에 대한 분포 및 구성을 보면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 저수지내 토사의 거동은 유입 토사 입경이 큰 사력은 유속 감소와 저수지내 그리고 저수지 환경에 의하여 상류부근에 퇴적되어 단구를 형성하여 점차 댐 쪽으로 진행된다. 점토성분 미립자들은 저수지 하상으로 이동하여 밀도류를 발생시켜 하상과 거의 평행한 퇴적이나 댐 바로 위에 수평으로 퇴적을 한다.

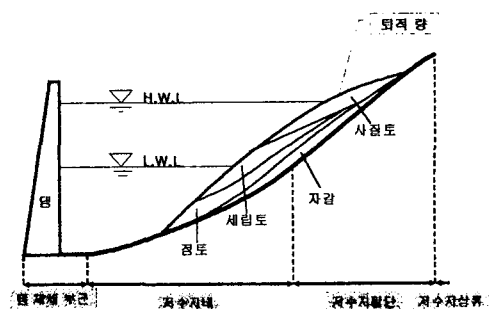


그림 3 댐과 저수지유역 퇴사의 개념도

3. 댐 저수지의 토사대책

1) 댐 저수지의 유역별 토사문제

댐 저수지는 이수와 치수면에서 큰 효과를 발휘하고 있으나 토사의 자연적인 흐름을 방해하고 퇴사에 의한 저수지의 기능저하 및 저수지 상류유역 하상의 상승, 하류유역의 하상저하 등의 문제를 일으키고 있다. 또한, 홍수 등에 의해 유입된 토사와 탁수가 유입되어 장기간 탁류를 형성하며 저수지내와 하류유역의 수질문제 및 생태계 환경에 미치는 영향이 크게 부각되고 있다. 이러한 토사와 탁수의 대책으로 종합적인 토사관리시스템의 확립이 중요한 의미를 갖게 되었다.

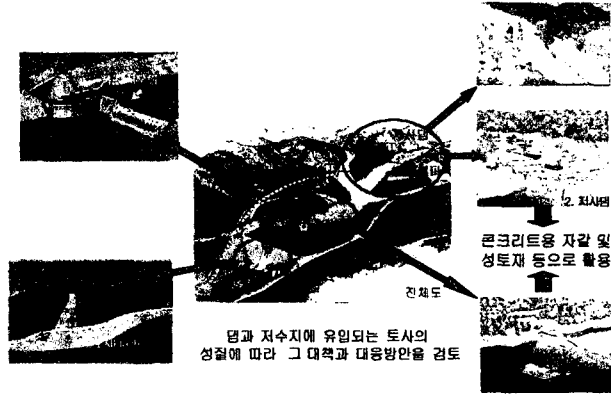


그림 4 댐 저수지유역에서 발생하는 토사문제

그림 4는 댐 저수지유역에서 발생하는 토사문제를 그림으로 정리한 것이다. 댐 저수지 유역에서 발생하는 문제를 5개 지구로 구분하여 각각 저수지입구까지 접근하는 흐름의 상류유역, 저수지 상류지구, 저수지 내, 저수지 말단부, 댐 체 부근으로 구분하였다. 이 관계는 그림 1의 댐 저수지의 퇴사현상에서 유역요인에 해당하는 저수지 상류유역과 저수지요인으로 나타나는 댐과 저수지요인으로 구분되는 것을 알 수 있다.

2) 댐 저수지의 유역별 토사문제

유역별 토사대책은 앞에서 언급한 각 요인들에 대응하는 형태로 그림 5와 같이 정리될 수 있을 것이다.

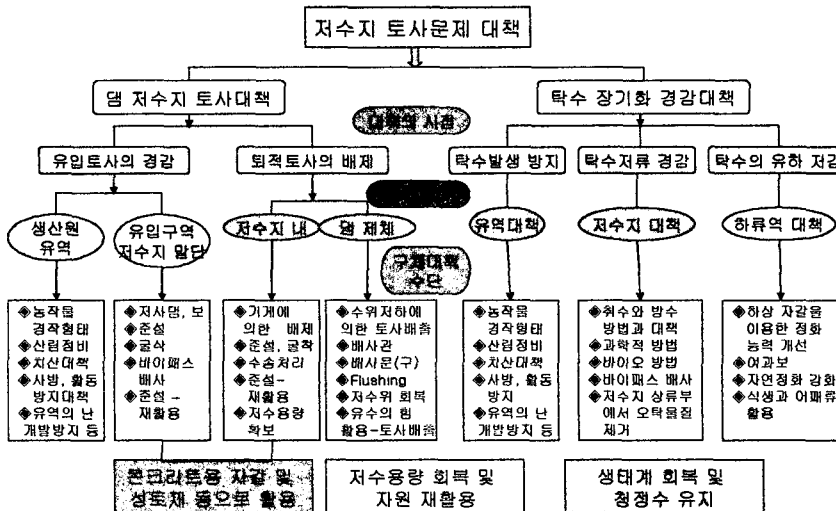


그림 5 댐 저수지유역의 토사문제 대책

상류지구의 퇴사량에 미치는 영향은 유역의 특징이 가장 크게 반영되고 있다. 유역에 관련된 대책은 그림 1의 요인에 대해 [] 식목 및 식생피복이 중요한 요인이 될 것이다. ①식생을 통한 지표유출의 속도를 감소시켜 토사의 침식을 감소시키고 강수의 충격으로부터 토양을 보호하여, 토양의 유실을 막아 토사의 유동을 최소화해야 될 것이다. ② 상류지구 토양보전대책으로는 침식 단면을 계단(terrace)형 단면 등으로 개발하여 사면을 통한 직접적 유출을 감소시키고 저류하는 효과를 기대할 수 있다. 저수지 요인에 있어서는 저수위의 변동특성이 퇴사량에 크게 영향을 미치고 있다. 이에 대해서는 다음의 과정을 거쳐 처리할 수 있을 것이다. [2] 식생피복 및 사방사업을 통해 저류하지 못한 토사들은 저수지 유입부에 저사(貯砂)댐을 설치하여 저수지 상류로 유입되는 토사를 조절하고, 집중강우시 발생하는 탁수를 저류하는 효과를 가지므로 퇴적된 퇴사는 준설하여 재활용하는 방법이 있을 것이다. [3] 저수지내의 대책은 ① 저수지 설계시 입자가 굵은 사질토, 자갈이 하상에 퇴적되는 분포를 예상하여 하상구조물 설치를 통하여 준설 범위 확보 및 계획량을 산정 한다. ② 저수지에 직접 유입되는 토사의 경우 하류유역에 토사공급이 필요할 경우 토사구 등을 설치하여 하류로 방류하여 댐 제체 부근의 토사를 배출하는데 효과가 있을 것이다. [4] 저수지 말단 부의 대책은 ① 배사 바이패스(홍수 바이패스)를 이용하는 방법으로 저수지 상류유역에서 계획된 양(점토, 실트)의 토사와 탁수가 발생할 경우 홍수류 등의 수압을 이용하여 배출하는 방법이다. 이 방법은 우리나라에서 거의 채용되고 있지 않으나 저수지 내 수질의 확보와 생태계 유지를 위해 유용한 방법이라 할 수 있다. ② 배출된 토사는 하류유역에 미치는 수질과 환경문제를 일으킬 수 있으므로 그 영향을 최소화할 수 있는 방법으로 수계 토사의 전체적인 관리와 운영아래 작동시킬 필요가 있다.

3) 댐 저수지 토사의 활용

댐 저수지 토사는 저사(貯砂)댐, 우회로, 준설을 통하여 얻을 수 있다. 퇴적토사의 활용은 자원 생산을 줄여 에너지 낭비 및 자연파괴를 막고, 한정된 자원의 극복 및 자원 재활용 측면에서 매우 유용하다. 토사의 활용에는 직접 사용, 혼합, 약품처리, 폐기 등 다양한 형태가 있을 것이다. 토사의 다양한 활용을 위해서는 저수지 토사를 분류할 수 있는 분류 기준과 토양의 평가와 시험기준의 마련이 필요하며 재료로서의 사용 기준과 요구되는 품질기준의 확립과 실험 및 처리방법 등을 마련하여 고려해야 할 것이다.

3. 결 론

댐 저수지의 퇴사요인과 토사관리 및 운용에 관해서는 국내외에서 많은 연구·조사가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 댐과 저수지유역의 토사발생 요인과 토사거동에 따른 토사 관리방법 및 대책을 검토하여 제시하였다. 댐 저수지의 토사 문제는 유역요인과 저수지요인에 기인한 것으로 다양한 요인이 복잡하게 작용하고 있다. 저수지내의 퇴사문제는 저수지 밀도성층의 형성, 부영양화현상과도 밀접한 관계를 가지고 있으며, 저수지의 탁수현상과 메카니즘을 일부 공유하며 호소생태계의 중요한 지표가 된다. 따라서 퇴사요인에 대한 체계적인 규명과 기초자료 축적을 통하여 토사포착율 등을 파악할 수 있어야 할 것이다. 이러한 일련의 연구를 통하여 저수지 유입토사를 감소시킬 수 있는 종합적인 방안 마련을 통하여 앞으로 설치되는 댐 저수지에 적용시켜야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 박종화, 댐 저수지의 퇴사대책, 한국관개배수, pp.87-93, 2003
- 2) 吉良八郎, ダムの堆砂とその防除、森北出版, pp.17-117, 1982