

댐하류 하도의 식생 메카니즘과 홍수소통능력 저감특성

Vegetation Development Mechanism and Flood Drainage Capability Reduction Characteristic at Downstream of Dams

여운기* · 임기석** · 이승윤*** · 지홍기**** · 이순탁*****

Woon Ki Yeo, Ki Seok Lim, Seung Yun Lee, Hong Kee Jee, Soontak Lee,

요 지

1970년대부터 시작된 산업화와 도시화는 국토 전반에 걸쳐서 개발을 촉진시켰으며, 그 결과로 나타나기 시작한 홍수재해와 용수부족은 보다 많은 저수시설을 요구하게 되었다. 즉, 홍수유출을 저감시키기 위해서 유역의 저류기능을 강화시킬 수 있는 댐 건설은 이수적인 측면에서 안정적인 용수공급을 보장해주는 수단으로 검용되어 왔으며, 특히 다목적댐이 건설되면서 하도의 침투홍수유출량을 줄이는데 크게 기여해 왔다. 댐에 의해 홍수가 사실상 사라진 댐 하류에서는 유사이송이 줄어들면서 주수로는 좁아지며, 낮아진다.

홍수가 없어진 주변 홍수터에는 식생이 활착하여 그 폭이 점차 커지고 하상은 높아진다. 과거 댐 건설 전까지 불안정했던 작은 독립 사주에도 홍수가 없어지면서 식생이 뿌리를 내리게 되고 이로 인하여 식생에 의한 난류변화와 와류의 형성으로 주변에 유사의 퇴적이 증가하게 된다. 결과적으로 식생이 활착할 수 있는 면적이 확장되면서 사주는 점차 넓어진다. 특히, 홍수터나 사주의 외딴 관목 식생에 의한 주변 하상의 세굴, 미립토사의 퇴적, 하상재료의 분급효과는 생태 서식 측면에서 귀중한 휴식처나 피난처를 제공하게 된다.

따라서 본 연구에서는 하도의 상류에 댐이 건설되고 난 후에 댐하류의 하도에서 발생하고 있는 식생 메카니즘과 이로 인한 조도증가와 유속저하 및 홍수소통능력의 저감현상을 규명하였다.

핵심용어 : 댐하류 식생, 흐름저하, 홍수소통능력

1. 서 론

1970년대부터 시작된 산업화와 도시화는 국토 전반에 걸쳐서 개발을 촉진시켰으며, 그 결과로 나타나기 시작한 홍수재해와 용수부족은 보다 많은 저수시설을 요구하게 되었다. 즉, 홍수유출을 저감시키기 위해서 유역의 저류기능을 강화시킬 수 있는 댐 건설은 이수적인 측면에서 안정적인 용수공급을 보장해주는 수단으로 검용되어 왔으며, 특히 다목적댐이 건설되면서 하도의 침투홍수유출량을 줄이는데 크게 기여해 왔다.

그러나 이로 인한 하천의 침투홍수유출량 감소는 댐하류의 하천환경을 크게 변화시켜 왔으며, 그 예로 유황변화, 토사유출량의 억제에 의한 하상변동, 하도식생역 확대 등은 이제 새로운 하천환경문제를 야기시키고 있다. 즉, 유황변화로 갈수기나 저수기에 유황은 개선되었으나 침투홍수량이 크게 감소되었으며, 토사유출량의 억제는 구간별로 하상침식을 초래하여 하상을 불안정 하도로 만들었다.

이러한 현상으로 인해서 댐하류 하도구간의 대부분에서 식생역이 크게 발달하게 되었으며, 식생역에서는 새로운 퇴적원인이 되어 하도상에서 모래나 자갈을 거의 볼 수 없을 정도로 식생역이 수목원으로 성장 발전하기에 이르렀다.

2. 댐하류 하천의 하상변동

* 정회원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 석사과정 · E-mail : adonas@nafree.net
** 정회원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 박사과정 · E-mail : sw7414@hanmail.net
*** 정회원 · 일본 구주대학 지구환경공학과 연구원 · E-mail : 873051@hanmail.net
**** 정회원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr
***** 정회원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 교수 · E-mail : leest@yu.ac.kr

댐하류 하천에서는 일반적으로 하상저하현상이 전형적으로 나타나게 된다. 댐에 의한 하류의 하상저하현상은 일찍이 Grade와 Ranga Raju(1985, pp.368~370)에 의해서 인도-파키스탄, 미국 등에 건설된 댐하류의 하상 저하사례를 연구한 바 있으며, 미국 후버댐의 경우 1935년에 축조된 이후 1951년까지 16년 동안 하류 147km까지 무려 110백만 m^3 의 하상토가 침식되었고, 댐에서 19km 하류지점의 하상은 4.3m 저하되는 등의 기록이 있었다.

따라서 본 연구에서 안동댐과 임하댐 하류의 하상변동을 조사해보면, 그림 1과 같이 댐 하류의 하상변동이 반변천 합류점에서부터 미천합류점까지의 구간에서 평균 2~3m 정도 하상이 저하되는 것을 볼 수 있다. 그러나 미천 합류점을 지나고 나서는 하상이 거의 안정되어 있어 하상저하현상이 아직까지는 안동·임하댐 하류 하도의 짧은 구간에 국한되고 있음을 알 수 있다.

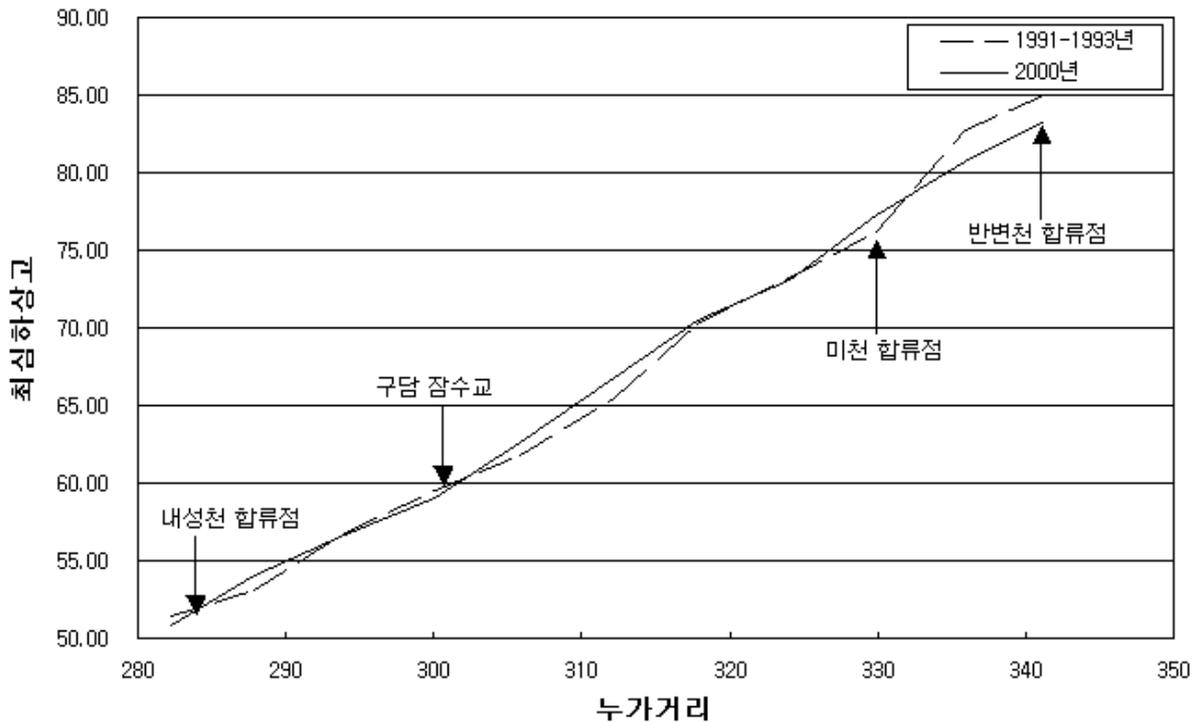


그림 1. 안동·임하댐 하류하천의 하상변동

3. 댐하류 하천의 식생역 발달

댐에 의해 홍수가 사실상 사라진 댐 하류에서는 유사이송이 줄어들면서 주수로는 좁아지고 낮아진다. 홍수가 없어진 주변 홍수터에는 식생이 활착하여 그 폭이 점차 커지고 하상고는 높아진다. 과거 댐 건설 전까지 불안정했던 작은 독립 사주에도 홍수가 없어지면서 식생이 뿌리를 내리게 되고 이로 인하여 식생에 의한 난류변화와 와류가 형성되어 주변에 유사의 퇴적이 증가하게 된다. 결과적으로 식생이 활착할 수 있는 면적이 커져서 사주는 점차 넓어진다. 특히, 홍수터나 사주의 외딴 관목 식생에 의한 주변 하상의 세굴, 미립토사의 퇴적, 하상재료의 분급효과는 생태 서식 측면에서는 귀중한 휴식처나 피난처를 제공하게 되지만 홍수소통 등의 치수적인 측면에서는 매우 심각한 문제를 야기시키게 된다.

그림 2는 이러한 하도내 식생역의 발달 과정을 보여주고 있다. 댐이 건설되기 전의 (a)와 같은 자연하도는 댐에 의해 홍수가 조절되어 하도의 세척효과가 사라지면서 (b)와 같이 유속이 상대적으로 느린 하도의 바깥쪽에서부터 퇴적이 진행된다. 여기에 (c)와 같이 식생이 활착하게 되면 유속이 느려지게 되어 (d)와 같이 퇴적은 점차 진행되며, 결국 (e)와 같이 초본류와 목본류가 무성한 식생역이 발달하게 된다.

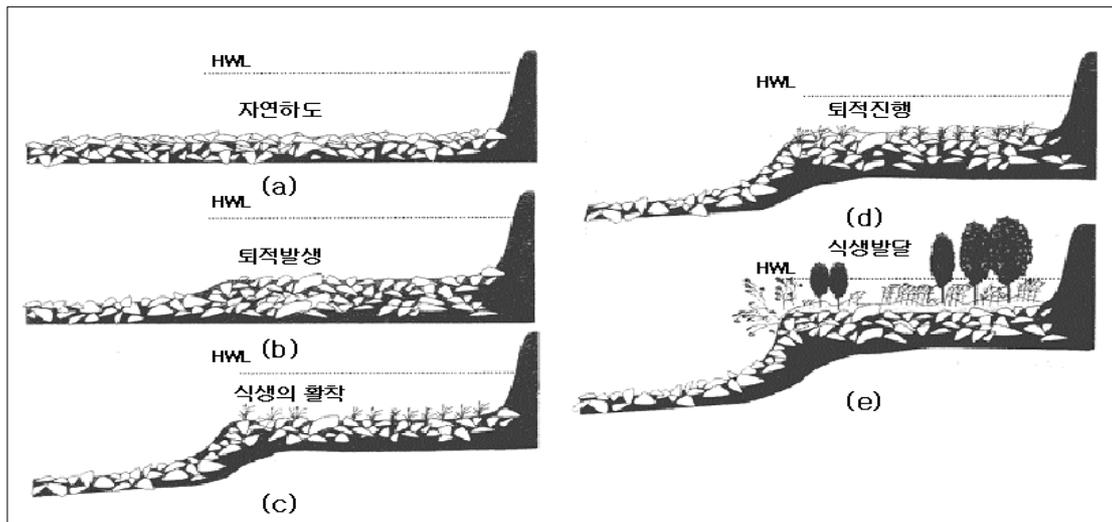


그림 2. 댐하류하도의 식생역 발달과정

그림 4는 낙동강본류 하도내에 발달된 식생역과 사주를 보여주고 있다. 이렇게 식생이 발달하게 되면 하천 흐름에 큰 지장을 주는 수목원이 형성되고 치수의 측면에서 커다란 문제점을 야기시키게 된다. 이와 같은 하도의 하상은 댐의 홍수조절기능에 의해서 그림 3에서와 같은 식생역발달 메카니즘을 가지고 식생역이 발달하게 된다.

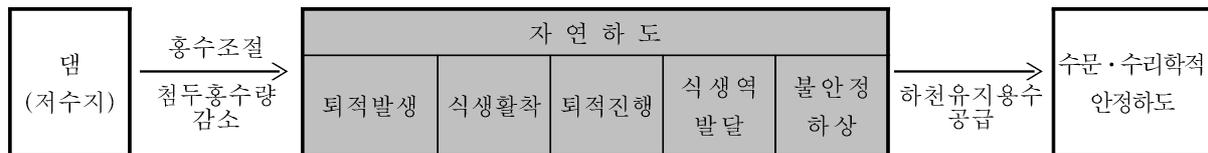


그림 3. 댐하류의 식생역발달 메카니즘



그림 4. 댐하류 하도에서의 식생역 발달 사례

3. 식생역 발달에 따른 홍수소통 저감특성

하천식생과 흐름저항에 대한 연구는 먼저 흐름저항에 미치는 식생의 영향에 대한 고찰부터 시작된다. Masterman과 Thorne(1992)은 하천의 홍수관리 측면에서 하천식생에 대한 부정적인 인식을 가지게 되었으며, 이러한 인식은 주로 Chow(1959, pp.116~123)와 Barnes(1967) 등이 발표한 자료에서 식생이 마찰계수를

증가시키는 것으로 보았기 때문이다. Chow는 실험에서 보통의 모래나 자갈수로에는 조도계수로 0.03을 부여한 반면에, 바닥이 불규칙적이고 강턱에 갯버들이나 포플러 등이 자생하는 수로의 경우 조도계수로 0.08을 부여하였다. 이 경우 계산 결과는 80% 정도의 수위 증가하는 것으로 주장하고 있다.

그림 5는 하도에 식생이 발달할수록 조도계수가 커지는 것을 보여준다. 일반 평지하천에서는 조도계수가 평균적으로 0.03~0.05이나 하도에 관목이 발달한 경우에는 0.05~0.1로 크기는 2배까지 커지는 것을 알 수 있으며, 홍수시 수목이 물에 잠기는 경우에는 최대 0.12로서 3~4배까지도 커질 수 있음을 보여주고 있다.

그림 6은 식생역이 발달함에 따라 하도내의 유속의 분포가 변화하는 것을 보여주며, 이처럼 수로내에 풀 등 식물의 존재는 상당한 난류를 발생시키고, 이는 에너지의 손실과 흐름감속의 원인이 된다. 풀은 수로를 안정시키고 수로바닥의 흩을 응결시키며, 수로표면의 침식과 수로바닥을 따라서 생기는 토립자의 운동을 저지하게 된다.

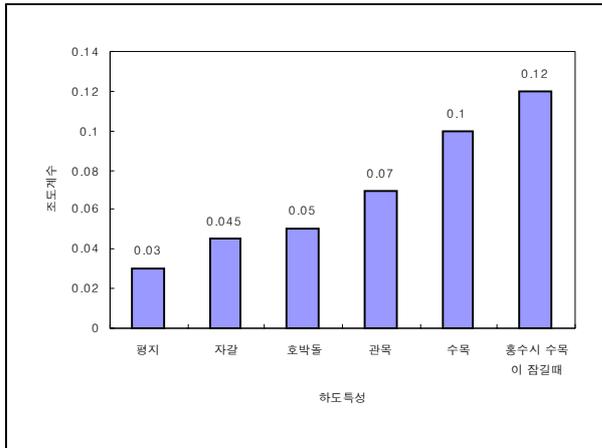


그림 5. 하도특성에 따른 조도계수

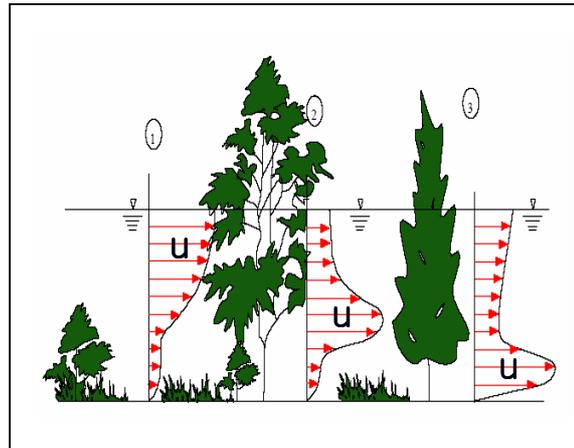


그림 6. 식생발달에 따른 유속분포도

그림 7과 같이 하도에 나무가 쓰러져 있거나 걸려 있으면 흐름 저항은 더욱 커진다. Chow(1959)는 하도에 통나무나 나무뿌리 등 각종 수목이 걸려 있고 강턱이 계속 깎여 수중에서 수목이 쓰러지는 경우 조도계수로 0.15를 부여하고 있다. 즉, 성장한 하도내의 수목은 수종, 수령 및 수령에 따라 유속에 저항하는 크기가 상대적으로 달라지며, 특히 수목이 홍수류에 의해서 쓰러질 경우에는 흐름에 저항은 더욱 커지게 됨을 알 수 있다.



그림 7 하도내에 쓰러진 수목들

4. 결 론

지금까지 댐하류 하도를 대상으로 댐건설에 따른 식생역 발달과정을 분석 검토하고 그에 따른 홍수소통 저감특성에 대하여 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 홍수유출량과 하도유사량의 감소에 의해 국부적으로 하상의 침식이 발생할 수 있으나, 감소한 홍수유출량으로 인해서 유사수송이 발달하지 못함으로써 하상의 침식은 크게 발달하지 않는 것으로 나타났다.

2) 댐이 건설되기 전의 자연하도는 댐에 의해 홍수가 조절되어 하도의 세척효과가 사라지면서 퇴적이 진행되고 하도에 식생이 활착되면 유속이 느려지게 되어 퇴적은 더욱 진행되며, 결국 초본류와 목본류가 무성한 식생역이 발달하게 된다.

3) 식생발달은 하도의 조도를 일반 평지하천에 비해 크게는 2~3배까지 증가시켜 유속을 느리게 하고 하도폐색을 일으켜 부분적으로 퇴적을 촉진시키고 유심을 왜곡시켜 홍수소통능력을 크게 감소시키게 될 수 있으며, 이러한 현상으로 인한 본류하도에서의 하도폐색은 결과적으로 지류하천의 퇴사작용을 촉진시켜 본류하도는 물론이고 지류하도의 홍수소통능력을 동시에 감소시키는 원인이 됨을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 한국수자원공사와 공동으로 조사한 “다목적댐하류 하도의 유황변화와 식생역발달에 따른 하천 관리 개선방안”의 연구결과이며, 한국수자원공사의 자료제공에 감사드린다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원, 하도내 수목관리 워킹 - 하천구역내 나무 심기 및 관리에 관한 기준, 개원 15주년 기념 제10회 건설기술연구성과발표회, 1998. 6.
2. 이삼희, 이진원, 옥기영, 하천식생에 의한 수리특성 예측모형 개발 - 하도내 식생분포 특성과 유사퇴적 실험을 중심으로, 한국건설기술연구원, 1999. 12.
3. 우효섭, 하천수리학, 생태수리학의 기초, 청문각, 2001. 7.
4. 山海堂, 河道内の樹木の伐採・植樹のためのガイドライン(案), 建設省河川局治水課 監修, 財団法人 リバーフロント 整備センター 編輯, 1994.
5. 辻本哲郎: ダムが河川の物理的環境に與える影響, 應用生態工學, 2 (2) , pp.103-112, 1999.
6. 島田昭一、松田正實: 寒河江ダムの彈力的管理の試行實績 <フラッシュ放流による河川環境改善の試み> ダム技術, No.153, pp. 35-47, 1999.
7. Chow, Ven Te, Open-Channel Hydraulics, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1959.
8. George W. Pickels, Run-off Investigation in Central Illinois, University of Illinois, Engineering Experiment Station, Bulletin 232, Vol.29, no.3, September, 1931
9. Abt, S. R., Clary, W. P., and Thornton, C. I., "Sediment Deposition and Entrapment in Vegetated Streambeds", J. of Irrigation and Drainage, ASCE, vol. 120, no. 6, 1994