

천변저류지 조성계획에서 수문 및 수리적운영에 관한 고찰

Discussion on Hydrological and Hydraulic Operation in Design for Construction of Washlands

안태진*, 김경섭**, 강인웅***, 김복천****

Tae Jin Ahn, Kyung Sub Kim, In Woong Kang, Bok Chun Kim

요 지

천변저류지의 운영은 홍수기와 평상시 운영으로 구분된다. 본류하천의 홍수저감을 위한 홍수시 저류지 운영을 단기적 운영이라 한다면, 평시 저류지의 수량 관리와 같은 평시 저류지 운영은 장기적 운영이라 할 수 있다. 단기적 운영을 통하여 홍수후 저류지내 퇴적된 토사는 계획홍수조절용량을 감소시킬 뿐만 아니라 평시 저류지내 생태계에 영향을 미친다. 장기적 운영을 위한 평시 저류지내 수위는 저류지내 수질, 생태, 조경, 친수활동 등에 영향을 미친다. 또한 평시 저류지 수위부터 홍수시 수위까지 영역에 관한 수문, 생태, 친수공간, 조경 등의 고려가 필요하다. 본고에서는 천변저류지 조성 계획시 홍수저감, 유입토사 및 평시운영을 위한 수리 및 수문학적 설계기준에서 검토할 내용을 제시하고자 하였다.

핵심용어 : 천변저류지, 단기적 운영, 장기적 운영

1. 서 론

우리나라에서 일반적으로 기존 범람지에 제방을 설치함으로써 농경지 등의 제내지가 조성되었다. 따라서 제방설치후 범람원에 의한 홍수조절기능을 상실하였으며, 근래 유역대응 치수계획의 일환으로 범람원을 복원하여 홍수조절기능을 부여코자 하였다. 즉 기존 제방의 일부를 낮게 설치하여 홍수시 일정 수위 이상일 경우 주하도의 유수를 조성된 저류지로 자연월류시켜 주하도의 홍수량을 저감코자 하였다.

English Nature는(English Nature Research Report, 2004)천변저류지의 형식을 3개 형태로 구분하였다. i) 홍수관리 저류지(*Flood Management Washlands*)는 홍수관리가 우선이고 생태다양성은 부수적으로 고려하며 우리나라 유역종합치수계획에서 도입하고 있는 저류지의 형식이다(type 1). ii) 통합적 저류지(*Integrated Washlands*)는 홍수관리와 생태다양성이 동등하게 고려되는 형식이다(type 2). iii) 생태보전 저류지(*Conservation Washlands*)는 생태다양성의 보전이 우선이고 홍수관리는 부수적으로 고려하는 형식이다(type 3).

본고에서는 type 1과 같은 홍수관리 저류지 조성계획에 있어서 수문 및 수리적 운영 지침을 작성하는데 검토하여야 할 내용을 요약하고자 하였다.

* 정회원·환경대학교 이공대학장·E-mail : ahntj@hknu.ac.kr

** 정회원·환경대학교 환경공학과 교수 · E-mail : kskim@hknu.ac.kr

*** 정회원·환경대학교 토목공학과 석사과정·E-mail : kanginung@hanmail.net

**** 정회원·환경대학교 토목공학과 석사과정·E-mail : 00621004@hanmail.net

2. 천변저류지 조성계획 사례

임진강유역 홍수대책(2006)에서는 6개 천변저류지가 제시되었으며, 석장2지구 및 석장1지구 저류지의 내역은 표 1, 그림 1 및 그림 2와 같다.

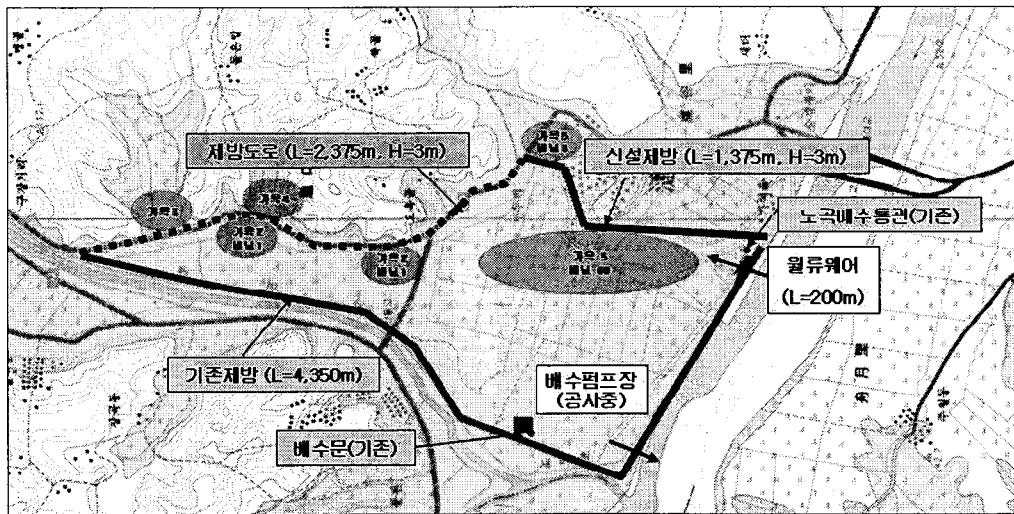


그림 1. 석장1지구 위치도

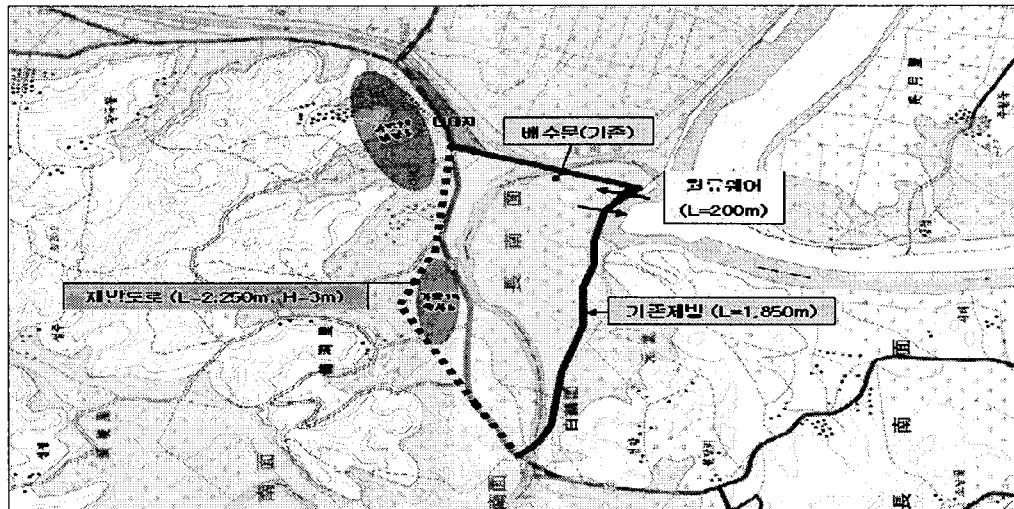


그림 2. 석장2지구 위치도

표 1. 저류지 계획 현황

지구명	위치	저류면적(km^2)	저류용량(10^3m^3)	비고
석장1	연천군 백학면 노곡리	1.78	12,318	
석장2	연천군 장남면 원당리	0.83	7,877	

그림 1 및 2와 같이 천변저류지의 후보지역을 살펴보면 유역종합치수계획에서 구상되는 천변저류지는 천변저류지 물레를 제방으로 축조하고, 유입시설, 유출시설, 저류지내 각종 시설(토지이용방안) 등을 도입하는 것이다. 저류지 계획 구간에서의 임진강 제방의 높이는 20.0 m 내외이어서 월류부의 표고는 제내지 기존도로의 이설과 함께 천변저류지 경계선에 일부 제방을 축조하여야 함을 알 수 있다. 또한 홍수시 월류부에 발생하는 고에너지 월류수를 감쇄하는 시설도 도입하여야 한다. 석장2지구 저류지는 유입부와 유출부의 거리가 석장1지구 저류지에 비하여 상당히 짧아, 저류지 운영에 영향을 미치는 요소가 많을 것으로 예상된다.

3. 천변저류지에 관한 고찰

3.1 홍수기 운영(단기운영)

3.1.1 홍수저감

- 1) 도시방재용 조절지는 개발지역의 직하류에 설치하고 있다.
- 2) 천변저류지(type 1)은 홍수저감 목표지역에 따른 저류지 위치 선정에 따라 홍수저감을 예상할 수 있다. 홍수저감 목표지역과 천변저류지의 홍수 저감 목표량의 설정은 기본계획단계에서 반영되어야 한다.
 - 제1안 : 홍수저감 목표지역 직상류측에 설치 : 홍수저감 목표지역 상류단에서 첨두홍수량과 첨두홍수위의 저감을 기대
 - 제2안 : 홍수저감 목표지역 직하류측에 설치 : 홍수 저감 목표지역 상류단에서는 첨두홍수량 및 홍수위의 저감을 기대할 수 없으나, 홍수저감 목표지역 하류단에서는 천변저류지 횡월류에 의한 수면저하곡선의 형성에 따라 첨두홍수위의 저감을 기대
 - 제3안 : 홍수저감 목표지역 직상·하류측에 설치 : 홍수저감 목표지역 상류단 및 하류단에서 첨두홍수량과 첨두홍수위의 저감을 기대
 - 제4안 : 홍수저감 목표지역으로부터 원거리 상류측에 설치 : 홍수저감 목표지역 상류단 및 하류단에서 첨두홍수량 및 첨두홍수위의 저감은 미미할 수 있음. 천변저류지가 있는 경우와 없는 경우를 구분·모의하여 천변저류지의 홍수저감효과를 평가할 수 있음

3.1.2 유송토사

제내지 영역의 고수부지나 제방이 없는 범람원에서는 유속이 발생하므로 상당부분의 유송토사는 하류측으로 이송된다. 그러나 우리나라에서 계획하고 있는 저류지는 본류하도와 제방으로 절연되고, 저류지내 유입된 물은 본류하도의 수위가 저류지의 수위보다 낮아야 배수하게 되므로 홍수시 저류지에 유입된 유송토사는 대부분 저류지에 침전된다. 저류지내 감소된 유속으로 인하여 유송된 토사가 바닥에 침전되며, 이는 저류지의 저수용량, 생태에 영향을 미치므로 유입량으로부터 유송토사를 제거할 필요가 있다. 영양물질이 포함된 유송토사는 습지내 지력을 증대시키기도 한다. 저류지내 유입된 유송토사는 월류부 인근에 침사지(settling basins)를 설치하여 제거할 수 있다. 침사지는 생물서식처 조성을 계획할 필요가 없으며 정기적인 굴착이 요

구된다. 따라서 i) 침사지는 홍수시 저류지 운영에 있어 반드시 필요한 시설임을 알 수 있다. ii) 침사지의 길이, 구조, 형식, 침강 유속 등을 설정하여 iii) 천변저류지 계획저수용량에 따른 적당한 침사지 규모 및 설계지침의 제시가 요구된다.

3.2 평시 운영: 장기적 운영

1) 유입 수량

- 수원은 하천수로 하고 시설은 사이폰, 통문 등을 이용하는 방안
- 자체 유역이 있는 경우 평시 수량을 보조하는 개념으로 자체유역의 유출량을 이용
- 습지내 간선배수로 및 분배시스템을 도입하여 유입된 수량을 습지 전체에 골고루 공급토록함

2) 범람시기 및 지속기간

- 습지의 식생, 야생동물, 휴양처 제공, 지하수 함양 및 유출 등에 영향을 미침
- 유송토사/오염물질의 체류, 생물학적 생산 및 방출 등의 설계기준의 기초자료임

3) (범람) 수심

- 범람 수심은 범람시기와 지속기간과 관련이 있음
(단기간 깊은 범람은 장기간 얕은 범람보다 습지기능에 중요하지 않을 수도 있음)
- 범람수심 및 탁도는 식생에 영향을 미치고, 이러한 식생은 홍수흐름의 변경, 유송토사의 침전과정, 유송토사/오염물질의 체류, 영양물질의 변화 추이, 생물학적 생산, 야생동물, 수중식물 등에 영향을 미침
- 야생동물의 풍부성 및 다양성, 수생식물의 풍부성 및 다양성 등도 수심의 영향을 받음
- 평시 수심은 홍수 범람 회수와 함께 저류지의 육역화 진행과정과 관계가 있음
- 범람시기 및 지속기간, 범람수심은 습지내 지표면흐름, 강우, 증발산, 지하수 유출 및 함양 등 습지내 물수지에 의하여 결정

4) 유속

- 유속은 유송토사의 침전, 오염물질의 체류에 영향을 미침
- 유속은 토양과 유기물질의 침식에 영향을 미침
(부유물질의 교란, 물질의 생산 및 유출에 영향을 미침)
- 유속은 체류시간(hydraulic retention time, HRT)과 관련이 있고, HRT는 수질개선 특성에 영향을 미침
- 빠른 유속은 HRT를 감소시키며, 감소된 HRT는 부유사와 오염물질의 처리효율을 감소시킴
- 그러므로 평시 운영에 있어서 유속은 저류지내 토사배체 방안에 중요한 인자임

5) 흐름 저항(조도계수)

- 습지의 수심과 유속은 습지내 흐름 저항에 영향을 받으며, 흐름 저항은 습지 바닥과 식생의 마찰 저항임
- 고밀도 식생지대는 큰 흐름 저항을 발생
- 고밀도 식생은 flow regime을 변화시키고 water column에 따라 마찰저항을 재분배시키므로 Manning 유속공식은 고밀도 식생 습지에는 적용성이 없음(Downer, 1993)
- 흐름저항은 홍수저감, 유사/오염물질의 체류 등의 기능에 중요함

6) 체류시간(hydraulic retention time, HRT)

- HRT는 수심, 유속, 식생 등의 설계기준의 영향을 받음
- HRT는 유사/오염물질의 제거, 영양물질 제거/변형과 같은 수질개선 기능의 중요한 설계기준(습지는 생물학적 처리시스템의 기능이 있어 오염물질의 제거, 변형 및 처리의 메카니즘이 있음)
- 과도한 HRT는 용존산소의 저하, 황화물질 및 메탄가스의 생산 등과 같은 수질문제를 야기시킴.

7) 습지의 저류용량

- 저류용량은 홍수저감에 가장 영향을 미침
- 저류용량은 HRT에 영향을 미침
- 지하수 함양/유출, 수중생물의 풍부성/다양성 등에 영향을 미침

8) 습지의 수면적

- 지하수 함양/유출에 중요함
- 지하수 함양은 수면적, 수심, 바닥 토양의 침투성 등의 함수임
- 습지내 총수량은 수면적에 비례하는 경향이 있고, 수면적은 증발산량, 지하수 유출, 수질개선기능에 영향을 미침

4. 요 약

천변저류지의 운영은 홍수기와 평상시 운영으로 구분된다. 본류하천의 홍수저감을 위한 홍수시 저류지 운영을 단기적 운영이라 한다면, 평시 저류지의 수량 관리와 같은 평시 저류지 운영은 장기적 운영이라 할 수 있다. 단기적 운영을 통하여 홍수후 저류지내 퇴적된 토사는 계획홍수조절용량을 감소시킬 뿐만 아니라 평시 저류지내 생태계에 영향을 미친다. 장기적 운영을 위한 평시 저류지내 수위는 저류지내 수질, 생태, 조경, 친수활동 등에 영향을 미친다. 또한 평시 저류지 수위부터 홍수시 수위까지 영역에 관한 수문, 생태, 친수공간, 조경 등의 고려가 필요하다. 본고에서는 천변저류지 조성 계획서 홍수저감, 유입토사 및 평시운영을 위한 수리 및 수문학적 설계기준에서 검토할 내용을 제시하고자 하였다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설헬스기술연구개발사업의 연구비지원(06건설헬스B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

건설교통부 (2006). 임진강 홍수대책.

US Army Corps of Engineering (2000). Wetlands Engineering Handbook,