

천변저류지 계획수립 방안

오규창*

Oh Kyu Chang

요 지

현재 치수계획은 선적인 개념의 제방위주 하천대응 치수계획에서 벗어나 면적인 개념의 유역대응 치수계획으로 전환되고 있다. 이에 유역종합치수계획에서 유역대응 치수계획으로 천변저류지 계획이 수립되고 있지만 계획수립에 대한 표준화된 방법이 제시되어 있지 않은 실정이다. 이에 낙동강 유역종합치수계획을 중심으로 각 유역종합치수계획에서 사용하였던 방법들을 정리하여 천변저류지 수립절차, 분석방법, 홍수조절효과, 운영방안 등에 대해 살펴보고 또한 천변저류지 홍수조절효과 산정에 대한 문제점 및 향후 계획을 제시하여 천변저류지 계획 전반에 대한 수립 방안을 제시하고자 한다.

1. 천변저류지 개요

천변저류지는 일반적으로 과거 농경지 조성 및 보호를 목적으로 기존 범람지에 제방을 축조함으로써 홍수조절 기능을 상실한 홍수터를 복원하여 원래의 홍수조절 기능을 수행할 수 있도록 하는 시설물이다. 또한 타 홍수조절용량 확보 방안처럼 상류에 대규모 조절지를 설치하지 않고 홍수취약구간에 설치하여 조절효과를 신속하고 최대한으로 얻을 수 있는 방안이다. 평상시에는 저류지 내 수로를 통해 하도로 자연유하하며, 홍수량이 증가하면 저류지 유출부에 설치된 배수문을 조작하여 방류조절 하다가 일정규모의 홍수량 발생시기에 저류지 유입부에 설치된 월류체를 통하여 하도의 유량을 저류지 내부로 유입시키고 유출부의 배수문을 닫아 저류지 하류의 본류 홍수량을 저감시킨다.

2. 천변저류지 수립절차

유역종합치수계획 수립에서도 각 유역종합계획별로 천변저류지 조성을 위한 위치선정 즉, 적지 선정에 대한 표준화된 기준 없이 각기 다른 방법에 의해 선정되고 있으므로 낙동강 유역종합치수계획에서 제시된 문헌조사, 현장조사, 저류시설계획의 수립절차를 중심으로 정리하였다.

가. 문헌조사

천변저류지 계획 수립 시에는 대상 지역의 인문 사회적 특성, 역사적인 변천 이력, 잠재적인 복원 가능 대상 및 복원 가치 등 공학적인 정보 이외에도 다양한 정보를 수집해야할 필요가 있다. 문헌조사를 위해서는 대상 후보지 선정이 선행되어야 하며, 대상 후보지 선정은 과업대상 하천 및 유역에 대하여 천변저류지 설치가 가능한 평야지를 갖고 있는 모든 지점을 1/25,000 지형도상에서

* 정회원 · 동부엔지니어링 수자원환경부 전문 · E-mail : kyucoh@dongbueng.co.kr

선정하였다. 선정된 후보지에 대해 과거 홍수발생 여부, 하류부 홍수조절효과를 충분히 발휘할 수 있는 지역인지에 대한 여부, 본류와 지류를 연계하여 운영할 수 있는 지역인지에 대한 여부 등의 기준을 설정하여 후보지에 대해 검토한 후 후보지를 결정한다.

나. 현장조사

문헌조사를 통해 결정된 대상 후보지에 대해 현장조사를 통해 세밀한 검토가 이루어져야 한다. 문헌조사를 통해 이루어진 조사를 바탕으로 후보지에 대한 시설물 설치 계획, 지장물 조사, 인근 주민들에 의한 과거 침수 및 가구수·침수흔적 조사, 토지이용현황 등 문헌조사에서 파악하기 힘든 실제 현장의 상황을 파악하여 후보지를 최종 결정한다.

천변저류지의 가능 저류량 산정은 매우 중요한 문제로 현장에 대한 측량이 가능하거나, 과거 측량자료가 있다면 자료를 이용하여 침수면적, 저류량 산정에 사용하는 것이 가장 좋은 방법이지만, 그렇지 못하다면 1/5,000 수치지형도를 이용하여 각 지점의 횡단 측선을 작성하고, 각 측정점의 기본계획상 홍수위 자료를 입력 후 홍수시 침수되는 면적을 각 지점별로 도상에 표기한 후 각 지점을 연결하여 침수면적을 산출한다. 저류량은 각 지점별로 저류가능 면적과 각 측정별로 저류 가능성을 홍수위까지로 결정하여 최대 홍수 저류량을 산정하며, 최대 홍수저류량의 80%를 해당지점의 가능 저류량으로 산정한다.

현재 유역종합치수계획이 수립되었거나, 수립중에 있는 낙동강, 안성천, 삽교천, 영산강, 섬강의 평가항목에 대한 비교는 다음 <표 1>과 같으며, 최종 결정한 천변저류지에 대해 현장조사한 각 항목에 가중치를 부여하여 우선순위를 평가한다.

표 1. 유역종합치수계획 평가항목 비교

대상유역	평 가 항 목	비 고
낙동강	저류용량, 가구수(피해 가구수, 이주 가구수), 과거 침수 횡수, 기술적 판단 등 4개 항목(저류면적/홍수범람면적, 저류용량/제방연장비, 개략공사비, 각각용량/전체용량, 저류량, 저류면적비 등 5개 항목 등으로 세분화)	
안성천	과거 홍수피해발생여부, 하류부 홍수조절효과, 본류와 지류 연계 운영	현황측량
삽교천	저류지 설치 효과, 경제성 및 자산가치	
영산강	홍수조절효과, 토지이용현황, 저류지표고, 과거 침수경향, 하천유수의 흐름방향, 최심선의 위치, 월류언을 통해 저류지내로의 흐름의 원활성, 가옥이주 및 지장물 이설, 저류지 설치에 따른 부제설치 여부	
섬 강	홍수저감효과, 입지여건, 지형적 여건	

다. 저류시설계획

저류지의 설치가 가능한 후보지에 대해서 저류지의 형태를 결정하여야 한다. 저류지 형태로는 습지, 저류지, 저지지역(침수), 보수지역(투수) 등이 있으며, 그에 따른 유지관리 및 공공시설 등을 고려하여 최종적인 저류용량을 산정하게 된다. 각 유역종합치수계획에서 제시된 천변저류지 계획은 다음 <표 2>와 같다.

표 2. 각 유역종합치수계획의 천변저류지 계획

대상유역	문헌조사	현장조사	최종 천변저류지 계획			비 고
			개소수	총저류량(만m³)	총저류면적(ha)	
낙동강	96개소	75개소	20개소	5,562.0	1,775.3	
안성천	-	13개소	2개소	521.3	289.0	
삽교천	-	12개소	4개소	305.7	268.2	2개소씩 연계
영산강	20개소	18개소	1개소	719.0	197.0	
섬 강	7개소	6개소	3개소	116.8	38.8	저류 공원

주) 삽교천, 영산강 유역종합치수계획은 수립중에 있으므로 현재 보고서의 값을 인용함.

3. 천변저류지 홍수조절효과 분석방법 및 홍수조절 효과

가. 홍수조절효과 분석방법

천변저류지의 주 목적은 홍수조절을 위한 것으로써 홍수시 일정 정도의 홍수량을 저류시키고 이로 인하여 홍수도달시간을 지체시켜 하류의 피해를 최소화 하고자 하는 것이다. 이런 저류지의 효과는 저류지 하류지역을 홍수로부터 보호하는데 중요한 역할을 한다. 천변저류지 홍수조절효과 분석방법으로는 수리학적 분석방법과 수문학적 분석방법으로 나눌 수 있다.

1) 수리학적 분석방법

천변저류지의 홍수조절 기능이 하도의 수위에 따라 상이하게 작용하여 유황이 복잡해지므로 천변저류지가 홍수의 흐름특성에 미치는 영향을 해석적으로 분석하는 것은 매우 어려운 일이다. 천변저류지 홍수조절효과의 수리학적 분석방법으로는 HEC-RAS의 'Storage Area' 기능을 활용하여 하도의 횡월류제 설치 위치에 천변저류지의 내용적을 기준으로 웨어를 설치하여 횡월류가 발생하도록 하여 효과를 분석하는 방법이 있다. 이때 웨어의 경우 저류용량 개념이 들어가기 때문에 HEC-RAS에서 부정류 해석을 실시하여야 한다.

2) 수문학적 분석방법

천변저류지 홍수조절효과의 수문학적 분석방법으로는 HEC-HMS의 'Diversion' 기능을 이용하여 저류시설을 모의할 수 있다. 상류에서 유입량을 'Diversion' 기능을 이용하여 일부를 다른 곳으로 분기시키고 그 나머지만 하류로 방류하는 방법으로 유출과정에서 천변저류지를 모의하는 적절한 방법으로 판단된다. 천변저류지가 유역의 홍수조절에 미치는 영향은 천변저류지의 저류용량, 유출입방식 등에 따라 결정되어진다.

3) 수리·수문학적 분석방법 비교

각 유역종합치수계획에서 적용한 천변저류지 효과분석 방법은 다음 <표 3>과 같다. 천변저류지의 홍수조절효과 분석방법에서 수문학적인 방법은 수리학적인 방법에 비해 간편한 모의가 가능하다 점과 횡단측량자료 없이 모의가 가능하다는 장점이 있지만 홍수조절용량에 비해 홍수저감효과가 과다하게 산정되는 단점을 가지고 있다. 이에 낙동강 유역종합치수계획에서는 저류량 계산시 최대 홍수저류량의 80%인 유효저류량을 적용하여 효과를 분석하였다.

천변저류지의 경우 통상의 월류량은 횡월류 웨어를 통해 이루어지나 HEC-1 이나 HEC-HMS

등에서 이를 정확히 모의하지 못하고 있는 실정이다. 이들의 조절 효과를 적절히 반영하기 위해서는 별도의 작업을 통해 월류수문곡선을 구하고 이를 반영하여 모의하는 과정이 필요하다. 그리고 소유역내에 여러 개의 천변저류지가 있을 경우 수리·수문학적 특성을 고려하여 이들을 하나 또는 둘 이상의 천변저류지군으로 통합하여 평균적인 거동을 반영하는 것이 홍수량산정 측면에서 보다 합리적일 수 있으므로 낙동강 유역종합치수계획에서는 하도구간별로 천변저류지를 천변저류지군으로 통합하여 홍수조절량을 산정하여 홍수량 산정에 적용하였다.

HEC-HMS 모형이 갖는 이러한 단순화와 한계에도 불구하고 유역 전반적인 홍수저감효과와 홍수량을 판단하는데에는 문제가 없다고 사료된다. 하지만 치수대책의 수리적 비교 평가에는 별도로 U-NET과 같은 부정류모형을 이용하여 대안별로 각 홍수조절시설의 상대적인 효과를 정밀 검토하는 것이 필요하나, 낙동강 유역종합치수계획에서는 측량자료의 미비로 인해 부정류모형을 통한 수리학적 평가를 실시하지는 못하였다.

표 3. 유역종합치수계획의 홍수조절효과 분석방법 비교

대상유역	분석방법	적용모형	비 고
낙동강	수문학적 방법	HEC-HMS	
안성천	수리학적 방법	HEC-RAS(U-NET)	
삽교천	수리학적 방법	HEC-RAS(U-NET)	
영산강	수리학적 방법	HEC-RAS(U-NET)	
섬 강	수문학적 방법	HEC-HMS	

나. 수리·수문학적 분석시 고려사항

1) 횡월류량 산정

앞서 언급한 바와 같이 수문학적 분석방법은 비교적 간편하게 모의가 가능한 반면 홍수조절용량에 비해 홍수저감효과가 과다하게 산정되는 문제가 발생하며, 수리학적 방법은 횡월류를 이용하는데 횡월류량은 월류수심, 웨어길이 뿐 아니라 본류의 수위와 유속 등의 영향을 받으며 특히 본류의 하폭과 웨어 길이의 비에 따라 하류단에서의 간섭현상이 발생하는 등 상당히 복잡한 수리현상으로 인해 월류량을 산정하기가 어려워 자연하도에서는 거의 적용한 예가 없으나 댐분야의 경우 여수로에 대한 월류량 계산에 대한 이론 및 실험이 상당부분 이뤄져 있으며, 상용 프로그램에도 계산방법이 도입된 상태이다. 이에 대한 연구는 외국에서 상당 부분 이뤄져 왔으며, 현재 건설기술연구원에서도 횡월류연에 대한 모형실험을 진행중에 있으므로 횡월류량 산정에는 무리가 없는 것으로 판단된다

2) 계획홍수량 반영여부

댐과 같이 유역내 전유출량이 유입되고 문비조작에 의해 의도된 양만을 유출시킬 수 있는 구조물과 달리 천변저류지의 경우 월류되는 유량 자체가 본류의 수위조건이 변수로 작용하고 있으나 저류지는 하천의 규모, 하도의 특성, 수문조건들을 조합하여 해당 하천에 가장 적절한 위치에 최적의 시설규모를 갖도록 계획함으로써 홍수조절을 피할 수 있고, 유역종합치수계획의 계획홍수량 산정은 다양한 수문곡선하에서 검토한 후 홍수조절효과가 최적이 되는 특정 계획수문곡선에 정해진 저류지의 용량과 본류수위를 이용하여 홍수조절량을 산정하므로 유역종합치수계획의 계획홍수량에 반영할 수 있다.

다. 홍수조절효과

대상하천의 홍수조절효과는 대상유역 유역면적과 수문곡선 등의 차이가 커서 단순비교 하기는 어렵지만, 5개 유역에 대해 유역별 백만³당 침투 홍수조절량을 개략적으로 비교해 검토하였다. 비교해본 결과 다음 <표 4>에 제시하였으며, 삽교천의 경우 수립중에 있어 현재 보고서상에 개별 홍수조절효과가 제시되어 있지 않아 단위조절량을 파악할 수 없었다.

표 4. 유역별 단위조절용량별 조절량(10⁶m³당 조절량)

대상유역	개소수	침수면적 (ha)	조절용량 (만 ³)	조절효과 (m ³ /s)	단위조절량 (m ³ /s/10 ⁶ m ³)	비 고
낙동강	20개소	1,775.3	5,562.0	4,135	74.3	
안성천	2개소	289.0	521.3	530	101.7	
삽교천	4개소	268.2	305.7	-	-	수립중
영산강	1개소	197.0	719.0	440	61.2	수립중
섬 강	3개소	38.8	116.8	133	113.9	

주) 각 유역의 조절효과는 천변저류지 설치지점의 개별 홍수조절효과를 합산한 값임.

4. 운영방안 및 향후 계획

가. 운영방안

천변저류지는 해당지점의 수리·수문적인 특성, 위치, 사용목적에 따라 운영방안이 달라질 수 있으며, 다목적 활용방안으로 검토되는 저류지에 대해서는 습지 및 공원 등의 유지를 위하여 저빈도의 홍수량에서도 다목적 활용에 따른 시설유지가 가능하도록 운영방안을 마련하여야 한다. 또한 각 지점의 월류제 높이는 수리학적으로 가장 유리한 높이를 결정토록 하고, 계획빈도의 홍수량을 조절하기 위하여 수문곡선을 작성하여 최대값에 대하여 지점별로 조절할 수 있는 홍수량을 저감하는 방법을 채택하여야 한다. 각 천변저류지의 운영계획을 세부적으로 수립하고 운영계획 수립에 대한 사항은 유역협의체를 통하여 검토 보완하며, 각 지구 해당 지자체의 저류지 운영시 적극적인 참여 및 주민들의 호응을 유발시킬 수 있도록 홍보를 병행하여 운영하도록 하고 천변저류지로 발생되는 부가적인 사항에 대해서는 지역주민들에게 환원될 수 있도록 하여야 할 것이다.

나. 보상방안

천변저류지는 기본계획 및 실시설계 단계에서 세부 보상조사를 실시하여야 하며, 국가에서 해당지역을 매입하여 국유화하는 방안과 저류지 지정후 홍수저류지로 활용시 일정한 보상을 하는 사용시 보상방안, 그리고 일부의 토지만 매입하고 홍수시 수시로 보상하는 청구보상방안을 고려할 수 있다.

다. 향후 계획

각 유역종합지수계획에서 천변저류지의 경제성 분석은 치수측면에 중점을 두고 개략적으로 산정하였으나, 향후 계획에서 치수목적의 경제성 분석뿐만 아니라 비홍수기시의 천변저류지 활용방안에 따른 경제성 및 토지보상 문제, 재원확보 방안 등에 대한 연구도 함께 고려되어야 하며, 특히 앞에서 언급한 수리·수문학적 분석 방법에 대한 고려사항 등을 면밀히 재검토되어야 할 것이다.