



하상준설에 의한 월류피해 경감효과 산정방법



박 태 선 |
국토연구원 연구위원
tspark@krihs.re.kr

1. 머리말

최근 기후변화로 인하여 강우량이 증대되고, 홍수의 발생 빈도와 피해 규모가 증가하는 추세에 있다. 이에 대비하여 하천의 계획홍수량을 증대시키고, 노후 제방을 보수·보강하는 등 기존 시설의 치수능력을 증대시키고 있다. 현재까지는 제방을 축조하여 홍수피해를 경감시키는 고전적이고, 보편적인 방법을 이용하여 하도에 분담되는 홍수를 소통시켰다. 기후변화 등으로 인하여 증대된 계획홍수량을 원활하게 소통시키기 위해서는 기존 하폭을 넓히거나 제방을 보축하여 하도 단면적을 확대시켜야 한다. 그러나 확폭이나 보축은 지형적 제약을 받거나 지역주민들과의 협의·보상문제 등으로 인하여 많은 어려움과 번거로운 절차가 따른다.

이러한 경우 하상 준설을 통해 계획홍수위를 낮추는 방안을 고려할 수 있다. 하상준설은 계획홍수위를 저하시켜 외수로 인한 월류 피해나 내수침수 피해를 경감시키는데 도움이 된다. 또한, 보상에 따른 절차나 비용이 추가되지 않으며, 새로운 침수예상지역이

발생되지 않는다. 이밖에도 계획홍수위가 저하되어 기존 제방의 안정성을 제고시키고, 지역주민들과의 마찰도 적고, 공사기간이나 비용도 적게 소요된다는 점에서 고려할 가치가 있다.

본 고에서는 하상준설이 다른 대안들 보다 홍수피해 경감에 효과적이라고 판단되는 경우만을 고려하여 하상준설로 인해 얻어지는 여러 가지 편익들 중에서 계획홍수위 저하에 따른 월류피해 경감효과의 개략적인 산정방법을 제시하고자 한다.

2. 홍수피해 경감효과산정 관련 규정 및 선행 연구

2.1 하천설계기준에 의한 홍수피해 경감효과 산정방법

하천정비사업의 편익을 산정하기 위해 2002년 이전까지는 직접편익의 항목별 원단위를 이용한 “간편법”을 적용하였다. 2002년 이후부터는 건설교통부(2001)에서 도시유형별 침수면적~피해액 관계를 회귀분석하여 제안한 “개선법”을 적용하였고, 2004년부터는 건설교통부(2004)에서 제안한 “다차원법”을 적용하고 있다. 최근에는(국토해양부·한국수자원공사, 2008) 다차원법의 각종 통계수치, 원단위, 피해 항목별 산정방법 등의 내용을 수정·보완하였다. 다

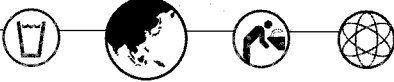


표 1. 연평균 피해경감 기대액 산정방법

유량 규모 (1)	연평균 초과확률 (2)	유량규모별 피해경감액 (3)	구간평균 피해경감액 (4)	구간확률 (5)	구간별 피해경감액 (6)	피해경감액 누계 (7)
Q_0	N_0	$D_0 (=0)$	$(D_0 + D_1) / 2$	$N_0 - N_1$	$d_1 = (4) \times (5)$	d_1
Q_1	N_1	D_1	$(D_1 + D_2) / 2$	$N_1 - N_2$	$d_2 = (4) \times (5)$	$d_1 + d_2$
Q_2	N_2	D_2	$(D_2 + D_3) / 2$	$N_2 - N_3$	$d_3 = (4) \times (5)$	$d_1 + d_2 + d_3$
...
Q_{m-1}	N_{m-1}	D_{m-1}
Q_m	N_m	D_m	$(D_{m-1} + D_m) / 2$	$N_{m-1} - N_m$	$d_m = (4) \times (5)$	$d_1 + \dots + d_m$

차원법에서는 일반자산피해 5개 항목과 인명·이재민 피해, 공공시설피해 등 총 7개 항목으로 구분하여 유량규모별 피해액을 산정한다. 하천설계기준(건설교통부, 2005)에 의해 현재 적용되고 있는 치수사업 경제성 분석방법은 다음과 같이 다섯 단계로 구성된다.

- 1단계 : 빈도별(10년, 20년, 30년, 50년, 80년, 100년, 200년) 홍수량을 설정하고, 유량 규모별 예상범람 침수구역도를 작성한다.
- 2단계 : 다차원법을 이용하여 유량규모별 피해액을 산정한다. 행정구역별로 주거, 농업, 산업지역의 자산가치 및 침수편입률 산정, 침수심별 피해액 산정 순으로 산정한다.
- 3단계 : 유량규모별 연평균 초과확률과 피해경감액으로부터 연평균 피해경감기대액을 산정한다.
- 4단계 : 매년의 비용과 편익을 기준년도의 가격으로 할인한 후 모두 합하여 현재가치화한다. 매년의 편익은 경제성장에 따른 자산가치 증대효과를 고려하여 산정한다.
- 5단계 : 경제성 분석지표(B/C, NPV, IRR)를 분석한다.

그러나 현재의 하천설계기준은 주로 제방의 신설이나 증고 시에 적용 가능하며, 하상준설 등으로 인해 계획홍수위가 저하되는 경우의 홍수피해 경감효과

는 산정하기 어렵다.

2.2 댐에 의한 하류 하천의 홍수조절 효과 산정 방법

최근의 연구(한국수자원공사, 2006)에서는 Monte Carlo 모의에 의한 조건부 비초과확률을 이용하여 상류 댐에 의한 하류 하천의 홍수조절효과를 산정하는 방법을 제시하였다. 이 연구에서는 댐에 의한 홍수조절 이전의 하류하천의 계획홍수위(A), 댐에 의한 홍수조절 이후의 하류하천의 계획홍수위(A'), 제방고(C)라는 3개 수위의 상관관계에 따라 다음과 같은 세 가지 경우를 가정하고, 각각의 피해경감액 산정방법을 제시하였다.

첫 번째는 $A' < A \leq C$ 로서 완전제방의 경우이다. 즉, 댐에 의한 홍수조절 이전의 계획홍수위가 제방고보다 낮았는데 댐에 의해 홍수를 조절함으로써 계획홍수위가 더욱 저하된 경우이다. 이때의 피해경감액은 제방고에 해당하는 피해액에 홍수조절 전후의 월류위험도 경감율을 곱하여 산정한다.

두 번째는 $A' < C < A$ 로서 불완전 제방의 경우이다. 즉, 댐에 의한 홍수조절 이전에는 계획홍수위가 제방고보다 높았으나 댐에 의해 홍수를 조절함으로써 계획홍수위가 제방고 이하로 저하된 경우이다. 이때의 피해경감액은 홍수조절 이전의 홍수위에 해당하는 피해액에서 제방고에 해당하는 피해액을 뺀 값에다

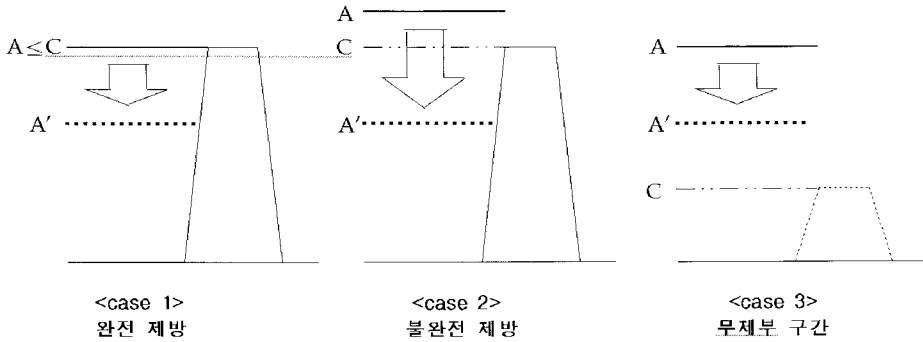


그림 1. 홍수조절 전후의 수위관계에 따른 유형 구분

제방고에 해당하는 피해액에 홍수조절 전후의 월류위험도 경감율을 곱하여 산정한다.

세 번째는 $C < A' < A$ 로서 사실상 무제부인 경우이다. 즉, 홍수조절 전후 모두 계획홍수위가 제방고보다 높은 경우이다. 이때의 피해경감액은 홍수조절 이전의 계획홍수위에 해당하는 피해액에서 홍수조절 이후의 계획홍수위에 해당하는 피해액을 뺀 값으로 산정한다.

이 연구에서는 상류 댐에 의한 홍수조절로 인한 하류 하천의 계획홍수위와 제방고와의 관계에 따라 월

류피해경감액을 산정하는 새로운 개념과 방법을 제시하였다. 그러나 이 연구는 편익산정보다는 불확실성 분석에 중점을 두었으므로 Monte Carlo 모의를 이용하여 한 지점에 대해 재현기간별로 300set의 홍수량 자료를 발생시켜 조건부 비초과 확률을 산정하는 복잡한 과정을 거쳤으며, 편익의 현재가치화라는 개념도 고려되어 있지 않다.

3. 월류피해 경감효과의 산정개념 및 적용방법

3.1 기본가정 및 산정개념

본 고에서는 다음과 같은 몇 가지 가정과 개념을 도입함으로써 선행연구의 개념과 다차원법을 이용하여 하상준설로 인한 계획홍수위 저하에 따른 월류피해 경감효과를 보다 간편하게 산정하는 방법을 제시하고자 한다. 첫째, 한국수자원공사(2006)에서 제시한 상류 댐에 의한 하류 하천의 홍수조절 효과산정방법은 사업 이후의 계획홍수위가 사업 이전보다 저하된다는 점에서 하상준설에 의한 계획홍수위 저하와 개념적으로 동일하다는 것을 알 수 있다. 따라서 이 연구의 개념과 산정방법을 하상준설에 적용할 수 있다.

표 2. case별 홍수조절효과 산정방법

구분	수위관계	피해경감액 산정방법
1	완전 제방 $A' \leq C \leq A$	제방고(C)의 피해액 × (사업후의 제방 월류확률 - 사업전의 제방 월류확률)
2	불완전 제방 $A' < C < A$	제방고(C)의 피해액 × (사업후의 제방 월류확률 - 사업전의 제방 월류확률) + (설계빈도(A)의 예상피해액 - 제방고(C)의 예상피해액)
3	무제부 $C < A' < A$	설계빈도(A)의 예상피해액 - 설계빈도(A')의 예상피해액

주 1. A=사업 이전의 계획홍수위, A'=사업 이후의 계획홍수위, C=제방고(여유고 제외)
 주 2. 제방의 여유고는 지반 침하, 퇴적 등과 같은 불확실한 요소들에 대비한 값으로서 계획상의 여유에는 포함하지 않음(하천설계기준, 2000, 한국수자원학회)



1단계 : 준설이전 단계	비 고
○빈도별 홍수위 및 홍수피해경감 기대액 산정	
-검토빈도 설정	10, 20, 30, 50, 80, 100, 200년
-빈도별 홍수위 산정	
-빈도별 홍수피해경감 기대액 산정	다차원법 적용
○대상지구의 설계홍수위(A) 및 설계빈도(T) 결정	
-설계홍수위의 연초과확률 산정	$P=1/T$
○제방고(C) 및 홍수피해경감 기대액 산정	
-제방고 결정	여유고 제외
-제방고의 재현기간 산정	보간법 이용
-제방고의 홍수피해경감 기대액 산정	보간법 이용
2단계 : 준설이후 단계	
○저하된 계획홍수위(A') 산정	
-A'의 재현기간 산정	$T' = T + \Delta T$
-A'의 홍수피해경감 기대액 산정	보간법 이용
-A'의 연초과확률 산정	$P' = 1 - 1/(T + \Delta T)$
○월류위험도 경감을 산정	
- $\Delta P = P' - P$	
○case 선택 : A, A', C의 관계에 따라 case를 선택	
-case 1 : 완 전 제방(A' < A ≤ C)	
-case 2 : 불완전 제방(A' < C < A)	
-case 3 : 무제부 구간(C < A' < A)	
○case별 홍수피해경감기대액 산정	<표 2> 적용
3단계 : 홍수피해 경감효과 산정단계	
○연평균 홍수피해경감 기대액 산정	<표 1> 적용
○기대액의 현재가치 산정	
-기준년도 설정	
-잠재성장률 적용	<표 3> 적용
-할인을 적용	처음 30년 5.5%, 이후 20년 4.5%
-총 현재가치 산정	

그림 2. 월류피해 경감효과 산정절차

둘째, 이 연구에서는 Monte Carlo 모의를 통해 홍수조절 전후의 비초과확률을 산정한 후, 이로부터 홍수조절 전후의 초과확률(=1-비초과확률) 차이를 월류위험도 경감율로 정의하였다. 따라서 하상준설 전후의 계획홍수위에 해당하는 재현기간으로부터 매년의 초과확률을 산정한다면($P(X \geq x_T) = 1/T$) 보다 손쉽게 월류위험도 경감율을 산정할 수 있다. 즉, 준설 이후 계획홍수위(A')의 재현기간은 준설 이전의 계획홍수위의 재현기간(T)과 같고, 준설 이전 계획홍수위

(A)의 재현기간은 수위저하량에 해당하는 재현기간 증가분 ΔT 만큼 증가된 양($T' = T + \Delta T$)이다.

셋째, 이 연구에서 제시한 case별 월류피해경감액은 매년 발생하는 것이므로 경제성장률에 따른 매년의 자산가치 증대효과를 고려한 후, 기준년도의 가격으로 할인하여 모두 합하면 현재가치화 할 수 있다. 자산가치 증대효과는 한국개발연구원(2007)의 잠재성장률 전망치를 이용할 수 있고, 할인율은 수자원 분야에서 2007년부터 적용되고 있는 한국개발연구원

(2004)의 자료로부터 편익발생 시점부터 30년간은 5.5%, 그 이후 20년간은 4.5%를 적용할 수 있다.

3.2 적용절차

월류피해 경감효과를 산정하기 위한 새로운 방법의 개략적 적용절차는 다음과 같으며, 엑셀 시트를 이용하여 작성할 수 있다. 첫째, 준설 이전의 대상지구의 빈도별 홍수위, 빈도별 피해경감 기대액, 제방고, 설계빈도, 설계홍수위 등의 자료를 정리한다. 빈도별 홍수위와 피해경감 기대액(다차원법 적용)은 현재 하천기본계획에서 적용하는 것과 동일한 방법으로 10년, 20년, 30년, 50년, 80년, 100년, 200년에 대해 산정한다. 둘째, 준설 이후의 계획홍수위를 산정하고, 보간법을 이용하여 계획홍수위와 여유고를 제외한 제방고에 해당하는 재현기간을 각각 산정한다. 산정된 재현기간(ΔT)을 준설 이전의 재현기간(T)에 더하여 준설 이후의 재현기간(T')을 산정한다. 셋째, 준설 이후의 연초과확률($P'=1-1/(T+\Delta T)$)에서 준설 이전의 연초과확률($P=1-1/T$)을 빼서 준설 전후의 월류위험도 경감율($\Delta P=P'-P$)을 산정한다. 넷째, 준설 이전의 계획홍수위(A), 준설 이후의 계획홍수위(A'), 제방고(C) 간의 크기를 비교하여 해당 case(완전 제방, 불완전 제방, 무제부)를 판단한다. 해당 case별로 표 2에 주어진 식을 이용하여 피해경감액을 산정하고, 표 1의 절차에 따라 연평균 피해경감액을 산정한

다. 다섯째, 잠재성장률과 할인율을 적용하여 연평균 피해경감액을 기준년도의 현재가치로 환산하고, 이를 합하여 총 현재가치를 산정한다.

4. 맺음말

본 고에서는 하상준설로 인한 계획홍수위 저하에 따른 제방의 월류피해 경감효과를 산정하는 방법을 제시하였다. 즉, 준설 전후의 월류위험도 경감율과 기존의 다차원법을 이용하여 산정한 유량규모별 예상 피해액으로부터 사업 전후의 계획홍수위와 제방고 간의 관계에 따라 구분된 3가지 case별로 월류피해 경감효과를 산정하는 방법을 제시하였다.

이 방법은 하상준설 이외에도 홍수조절지와 같은 수공구조물에 의해 계획홍수위가 저하되는 경우에도 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 하상준설을 통해 계획홍수위를 저하시키기 위해서는 상당한 구간의 준설이 필요할 것이며, 여러 가지 고려해야 할 사항들이 많다. 계획홍수위 저감을 위해 하상준설을 적용할 것인가에 대해서는 설계자의 검토와 판단이 필요하다. 다만, 제방 증고나 확폭 이외의 대안으로서 하상준설을 고려할 수 있으며, 그 때의 월류피해 경감효과는 본 고에서 제시한 방법을 이용하여 산정할 수 있을 것이다. ☺



참고문헌

1. 건설교통부, 2001, 치수사업 경제성분석 개선방안 연구
2. 건설교통부, 2004, 치수사업 경제성분석 방법 연구 -다차원 홍수피해 산정방법-
3. 건설교통부, 2005, 하천설계기준
4. 건설부, 1993, 하천시설기준
5. 국토해양부·한국수자원공사, 2008, 수자원사업의 타당성분석 개선방안 연구
6. 한국개발연구원, 2001, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 연구(제3판)
7. 한국개발연구원, 2003, 수자원(댐) 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)
8. 한국개발연구원, 2004, 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 연구(제4판)
9. 한국수자원공사, 2006, 댐의 홍수조절 효과분석기법 개발 및 적용연구
10. 한진희 외, 2007, 고령화 시대의 장기 거시경제변수 전망(2006~2080), KDI