

저류지 설치시 유역특성에 따른 하류 홍수조절효과

Flood Control Capacity of the Detention Facility with Watershed Characteristics

이정민* / 한형근** / 유병균*** / 윤정란***

Jung Min Lee, hyung Geun Han, Byong Gyun Yoo, Jeong Ran Yun

요 지

최근의 기상변화에 의한 이상 홍수와 유역의 도시화로 인한 불투수면적의 증가로 홍수시 유출량을 증가시켜 기존 하도의 적정소통량을 초과하는 홍수를 발생시키고 있다. 토지의 고도이용으로 하도의 하폭이 제한된 도시유역 초과 홍수에 대비할 수 있는 구조적 홍수관리방안은 제방 증고, 하천준설 등의 하천개수나 저류지 설치, 방수로 설치 등이 대표적이다.

주요 재해저감시설인 저류지는 개발사업에 의해 발생하는 증가된 유출량을 조절하는 개념으로서 도시홍수 재해경감의 목적으로 활용하기에는 설계기준 및 기술상의 이견이 최근 많이 제시되고 있다. 개발사업으로 인한 하류부의 영향에 대해 해당 사업지구에 국한하여 개발전의 유출량이 하로 유지함을 목표로 하고 있으나 전체 유역차원의 검토는 이루어지지 않고 있어 저감효과가 의문시 되고 있다.

또한, 하류부 인근의 개발사업시행으로 저류지를 설치할 경우 사업대상지구의 홍수도달시간 변화가 발생하며, 전체 유역 침투유량 발생시간과의 중첩현상으로 오히려 저류지 설치로 인해 본류 하천의 피해를 초래할 여지가 있다. 저류지 설치 위치에 따라 경제적, 치수적 효과가 달라진다는 점은 많은 연구의 결과로 알려져 왔다.

본 연구에서는 실제사업지구의 기존 재해영향 평가에서 저류지 설치에 의한 하류부 홍수량 증감에 대한 분석을 수행하고 저류지 면적 대비 전체유역면적 비율에 대하여 저류지 설치로 인한 홍수량 증감분석을 수행하였다. 홍수량 증감율은 저류지 설치에 따른 저감후 대비 저류지 설치전 본류하천 유역면적비가 31.17 이상인 경우, 저류지 설치에 따른 홍수량 저감후 대비 개발전 본류하천 유역면적비가 27.05 이상인 경우에 홍수량이 증가하였다.

본 연구결과를 바탕으로 사업지구내 일률적인 저류지 설치계획보다는 추후 체계적인 저류지 계획을 위한 가이드라인 제시를 통해 합리적인 계획을 수립하여야 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 저류지, 재해영향평가, 홍수조절

1. 서 론

최근의 기상변화에 의한 이상 홍수와 유역의 도시화로 인한 불투수면적의 증가로 홍수시 유출

* 한국토지공사 국토도시연구원 책임연구원 · E-mail : andrew4502@lplus.or.kr
** 한국토지공사 국토도시연구원 책임연구원 · E-mail : hhg1234@lplus.or.kr
*** 한국토지공사 환경교통처 재해평가팀 차장 · E-mail : bgyoo@lplus.or.kr
**** 한국토지공사 국토도시연구원 책임연구원 · E-mail : yjr412@lplus.or.kr

량을 증가시켜 기존 하도의 적정소통량을 초과하는 홍수를 발생시키고 있다. 토지의 고도이용으로 하도의 하폭이 제한된 도시구역 초과 홍수에 대비할 수 있는 구조적 홍수관리방안은 제방增高, 하천준설 등의 하천개수나 저류지 설치, 방수로 설치 등이 대표적이다. 저류지는 하천에 유입되는 홍수를 일시적으로 조절하여 하도의 적정한 홍수 소통능력을 초과하는 유출을 억제하는 구조물로 국내외에서 널리 이용하는 홍수대책이다.

개발사업으로 인한 하류부의 영향에 대해 해당 소유역에 국한하여 개발전의 유출량이하로 유지함을 목표로 하고 있으나 전체 유역차원의 검토는 이루어지지 않고 있다. 하류부 인근에 저류지를 설치할 경우 사업대상지구의 홍수도달시간 변화가 발생하며, 전체 유역 홍수첨두시간과의 중첩현상으로 오히려 저류지 설치로 인해 본류하천의 피해를 초래할 수 있다.

본 연구에서는 실제사업지구의 기존 재해영향 평가에서 저류지 설치에 의한 하류부 홍수량 증감에 대한 분석을 수행하고 저류지 면적 대비 전체유역면적 비율에 대하여 저류지 설치로 인한 홍수량 증감분석을 수행하였다.

2. 연구 내용

본 연구는 대상유역 면적이 작은 지류유역과 유역면적이 큰 본류유역으로 나뉜 경우 저류지 설치로 인한 하류부 지점에서의 영향을 검토하였다. 저류지가 설치된 지류유역의 첨두홍수량 발생시간이 본류유역의 첨두홍수량 발생시간 이전에 발생하는 경우, 저류지의 조절방류에 의한 첨두지체로 지류유역의 방류량과 본류유역의 홍수량 발생시간이 이론적으로 중첩되는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 유역면적의 크기에 따른 저류지 설치로 인한 지체효과를 모의분석한 후 실제 개발사업지구 15개 지역에 대하여 분석해 보았다.

2.1 단순 모의 분석

저류지 설치로 인한 지체효과를 모의분석하기 위해 대상유역 저류지를 설치하는 지류유역 A와 본류유역 B로 가정하였다.

지류유역 A의 규모와 본류유역 B의 규모에 따라 하류부의 영향이 달라지므로 지류유역 A의 면적은 고정하고 본류유역 B의 규모를 여러 가지로 설정하여 이에 따른 변화를 고려하는 방안을 채택하였다. 홍수량 산정에 필요한 주요인자인 유역면적은 본류가 지류의 3배, 5배, 10배, 도달시간은 지류유역 20분, 본류유역 25, 30, 50분 등의 조건으로 설정하였다.

표 1. 홍수량 산정 주요인자

구 분	A 유역(지류)	B 유역(본류)			비 고
유역면적(km ²)	0.5	1.5	2.5	5.0	
도달시간(min)	20.0	25.0	30.0	50.0	
유출곡선지수(CN)	90	70			개발전: 70 개발후: 90
강우강도식	$I_{50} = \frac{a}{t^b} = \frac{669.0073}{t^{0.5359}}$				전국평균 50년빈도
강우분포	Huff 방법(전국평균 4분위)				
홍수량산정 방법	SCS방법				
매개변수산정방법	McCuen 방법				

강우지속시간을 도달시간으로 설정할 경우 지류유역 A의 강우지속시간은 20분이고 본류유역 B의 강우지속시간은 면적별로 25, 30, 50분 등으로 달리 적용되고 있다. 또한, 강우지속시간을 임계지속시간으로 설정할 경우 지류유역 A의 강우지속시간은 80분, 본류유역 B의 강우지속시간은 면적별로 180, 210, 320분 등으로 많이 다르게 적용되고 있다.

표 2. 소유역별 홍수량 산정

강우 지속시간	구 분	본류 유역면적(km ²)		
		1.5	2.5	5.0
도달시간 적용	A	8.34 (20, 25)		
	B	5.28 (25, 35)	9.50 (30, 45)	23.14 (50, 55)
임계지속 시간적용	A	14.07 (80, 80)		
	B	23.98 (180, 175)	38.22 (210, 205)	66.07 (320, 315)

* ()내는 강우지속시간, 첨두발생시간(min)

이와 같이 강우지속시간을 달리 적용할 경우 홍수량의 크기도 변화함은 물론이고 첨두발생시간도 더욱 크게 변화함을 알 수 있으며, 이에 따라 강우조건의 설정에 따라 하류부 합성지점(T)의 홍수량에는 많은 차이가 발생하고 있다.

하류부 합성지점(T)의 홍수량 산정 결과는 소유역별로 강우지속시간을 상이하게 적용하여 산정한 홍수량 및 홍수수문곡선의 작성 결과는 아래와 같다.

표 3. 하류부 합성지점 홍수량 산정

강우 지속시간	구 분	본류 유역면적(km ²)			강우 지속시간	구 분	본류 유역면적(km ²)			
		1.5	2.5	5.0			1.5	2.5	5.0	
도달시간	저지치	A	8.34 (25)			임계지속시간	A	14.07 (80)		
		B	5.28 (35)	9.50 (45)	22.81 (75)		B	23.98 (175)	38.22 (205)	66.07 (315)
		T	12.15 (30)	12.66 (35)	22.91 (75)		T	23.98 (175)	38.22 (205)	66.07 (315)
	저지치	A	7.74 (30)				A	11.51 (85)		
		B	5.28 (35)	9.50 (45)	22.81 (75)		B	23.98 (175)	38.22 (205)	66.07 (315)
		T	13.37 (30)	13.95 (35)	23.05 (75)		T	23.98 (175)	38.22 (205)	66.07 (315)

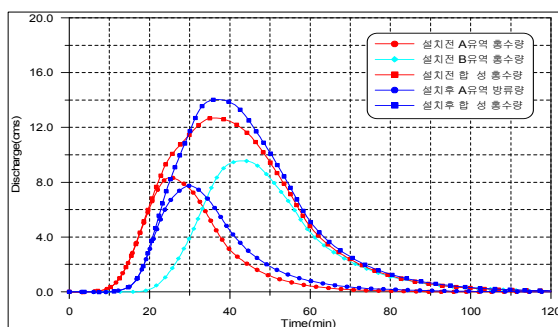


그림 1. 도달시간에 따른 홍수수문곡선

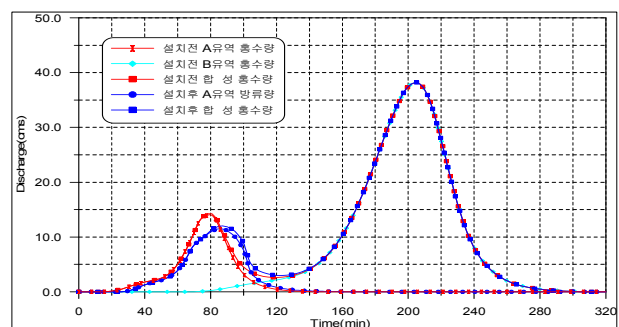


그림 2. 임계지속시간에 따른 홍수수문곡선

유역규모의 차이가 상당히 크게 되어 유역반응시간의 차이에 의해 유역면적이 작은 지류유역과 유역면적이 큰 본류유역으로 구성되면 동일한 강우를 적용하더라도 침투홍수량의 발생시점에 차이가 발생할 수밖에 없고 이에 따라 지류유역의 침투발생시각이 본류유역의 침투발생시각보다 크게 앞에 위치하여 지류유역의 침투방류량의 발생시각이 본류유역의 침투홍수량의 발생시각보다 앞에 위치하는 경우에는 수문곡선 감수부의 홍수조절에 따른 지체의 영향으로 홍수량이 증가 되는 현상이 발생할 수도 있게 된다.

2.2 실제사업지구 적용 분석

하류부 검토지점에서 유역의 규모(면적) 차이에 의해 본류유역이 지류유역보다 큰 경우는 도달 시간 차이로 수문곡선의 중첩현상(홍수량증가)이 발생 할수 있다. 실제 개발사업지구에 대해 재해 영향평가에서 분석한 저류지 설치에 의한 하류부 홍수량 증감을 하류부 합류점에서 적용분석한 결과, 저류지 설치전·후는 충주호암, 대구혁신 2개 case에서, 개발전과 저류지 설치후는 충주호암, 대구혁신, 화성병점, 경북혁신지구의 5개 case에서 오히려 홍수량이 증가하였으며, 홍수량 증감율은 저류지 설치에 따른 홍수량 저감후 대비 저류지 설치전 유역면적비가 31.17 이상인 경우, 저류지 설치에 따른 홍수량 저감후 대비 개발전 유역면적비가 27.05 이상인 경우에 홍수량이 증가 하였다.

표 4. 개발사업지구 분석결과

대상지구	유역 면적 (km ²)	저류지 유역 (km ²)	홍수량 산정방법	개발전③ (m ³ /s)	개발후(cms)		증감비(1) (%)	증감비(2) (%)
					①저감전	②저감후		
계룡대실	4.457	4.102	SCS	141.86	147.58	135.19	▼ 8.40	▼ 4.70
		0.672	Clark	141.86	146.99	143.56	▼ 2.35	▲ 0.25
			SCS	123.06	128.77	126.34	▼ 1.91	▲ 1.48
칠곡복삼	4.709	1.232	Clark	54.47	55.57	51.70	▼ 6.96	▼ 5.09
화성남양뉴타운	13.000	5.170	SCS	329.11	335.09	325.45	▼ 2.88	▼ 1.11
화성남양뉴타운(1)		0.530	SCS	329.11	335.09	333.99	▼ 0.33	▼ 0.29
화성남양뉴타운(2)		2.420	SCS	329.11	335.09	331.05	▼ 1.22	▼ 0.89
화성남양뉴타운(3)		2.220	SCS	329.11	335.09	330.59	▼ 1.36	▼ 0.68
전북혁신	5.785	0.963	Clark	140.98	144.10	139.63	▼ 3.10	▼ 0.96
충주호암	9.716	1.175	SCS	114.53	115.23	113.91	▼ 1.70	▼ 2.32
충주호암(1)		0.288	SCS	114.53	114.63	115.29	▲ 0.58	▲ 0.66
대구테크노	34.235	0.740	SCS	745.99	749.02	744.66	▼ 0.58	▼ 0.18
대구혁신	11.010	1.280	SCS	-	94.90	94.03	▼ 0.92	-
대구혁신(UH1)		0.770	SCS	-	94.90	94.30	▼ 0.63	-
대구혁신(UH2)		0.540	SCS	-	94.90	95.64	▲ 0.78	-
화성병점	9.327	8.909	SCS	249.80	250.22	249.94	▼ 0.11	▲ 0.06
경북혁신	78.190	10.670	SCS	462.00	463.10	463.10	- 0.00	▲ 0.24

* 홍수량 증감비(1)=[(②-①)/①]×100 ⇒ 저류지 설치 전·후 대비 홍수량 증감율

* 홍수량 증감비(2)=[(③-②)/②]×100 ⇒ 개발전과 저감(저류지설치)후 대비 홍수량 증감율

* 개발후 저감전 : 저류지 미설치

* 개발후 저감후 : 저류지 설치

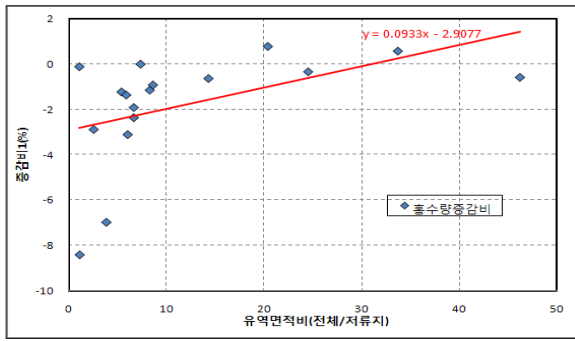


그림 3. 유역면적비 / 홍수량 증감비(1)

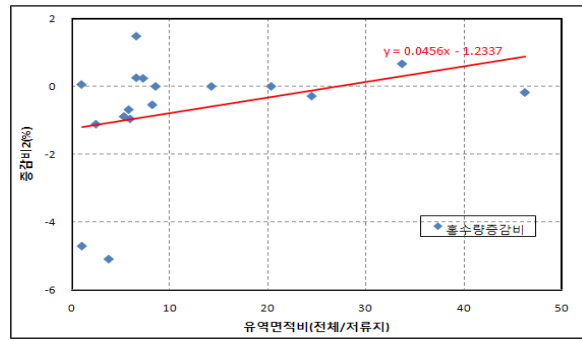


그림 4. 유역면적비 / 홍수량 증감비(2)

3. 결 론

저류지 설치에 따른 하류부 영향 검토에서 홍수량 증감여부를 분석한 결과 지류유역에 비해 본류유역의 면적이 상당히 큰 경우에는 동일한 강우를 적용하더라도 침투홍수량의 발생시각이 지류유역은 빠르고 본류유역은 느려서 차이가 발생하게 되며, 저류지 설치후의 지류유역의 침투방류량 발생시각이 본류유역의 침투홍수량 발생시각 이전에 발생하는 경우, 저류지의 조절방류에 의해 산술적으로 본류하천과의 홍수량 증가를 가져올 수 있다.

본류유역의 면적이 어느 정도까지 커질 때까지는 홍수량이 증가하지 않다가 본류유역의 면적이 일정규모 이상이 되면 증가될 수도 있으며, 증가량의 비중은 본류유역의 면적이 커질수록 작아지는 경향을 나타내었다. 일반적으로 저류지는 직렬연결된 직하류부의 홍수량을 저감하는 것이 기본 목적이므로 직하류 구간에 대한 저감대책이 필요하다. 따라서 On-line 방식에서의 이와 같은 문제 해결 방안의 하나로 수문곡선의 지체가 발생하지 않는 Off-line 저류지로 방식을 바꾸어 해결할 수도 있다. 본 연구는 분석방법에서 여러 가지 가정을 두었으며, 분석모형 선정에 있어 단위도에 의한 방법을 사용하였으며, 실제유역 홍수량에 영향을 미치는 여러 가지 인자를 고려하지 않고 유역면적만을 고려한 여러 가지 한계를 가지고 있다. 그러나 본 연구분석을 통해 사업지구내 일률적인 저류지 설치계획보다는 저류지의 적정위치, 적정규모, 저류지 방식 등에 대한 체계적인 저류지 계획수립의 필요성을 알 수 있다. 추후 여러 가지 상황을 고려한 분석과 모형선정, 홍수량량측정을 통한 모형의 보정 등 보다 현실과 부합된 연구를 수행할 예정이다. 향후 전문적인 연구를 보다 현실성 있게 수행하고 저류지 설치에 대한 방법론과 가이드라인을 제시한다면, 보다 합리적인 계획을 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 정종호, 윤용남 (2005). 수자원설계실무, 구미서관.
2. Clay H. Emerson, Claire Welty, and Robert G. Traver. (2005). "Watershed-Scale Evaluation of a System of Storm Water Detention Basins." Journal of Hydrologic Engineering, Vol. 10, No. 3, pp. 237-242.