

저류시설의 적정 수문량산정 및 설계기법 기초조사

Basic Survey for Optimum Frequency Estimation & Design Method of Detention Facilities

서규우*, 김대곤**, 김남길***, 심봉주****, 원창희*****
Seo, Kyu Woo*·Kim, Dai Gon**·Kim, Nam Gil***
·Sim, Bong Joo**** ·Won, Chang Hee*****

요 약

유역 내의 지속적인 개발과 도시화로 유출량이 증가하면서 하도의 통수능을 초과하게 됨에 따라 제방을增高하게 되고 특히 하류부로 갈수록 유량의 급격한 증가로 제방고를 높여야 하는 악순환이 반복되었다. 이에 따라 유역의 홍수량을 하도 이외의 유역 내에서 분담하고 하도 중심의 치수 대책이 아닌 유역 전체에서 홍수를 제어해야 한다는 유역종합치수대책이 중요한 대안으로 떠오르고 있다. 유출저감시설은 이미 개발된 도시유역의 홍수량을 조절하는 데 유용할 뿐 아니라 새롭게 개발이 시행되는 유역에서는 개발로 인한 홍수 증가량을 분담하는 수단으로써 필수적으로 설치되어야 한다. 최근에는 일률적으로 임시 및 상시 저류지 등의 빈도설계를 통하여 개발 이후의 첨두유량이 개발 이전의 첨두유량 보다 크지 않도록 우수배제시스템을 설계하고 있으나 저류지와 같은 유출저감 시설을 유역출구에 설치함으로써 첨두유량만을 개발이전의 수준으로 유지할 뿐 여전히 유출량의 증가 및 홍수도달시간이 빨라지는 문제점을 근본적으로 해결하지 못하고 있다. 본 연구에서는 현행 재해영향평가제의 법적 테두리 안에서 개발사업으로 인한 증가된 홍수 저감대책을 수립하는 과정에서 몇가지 개선방안을 제시, 연구하고자 한다. 즉, 사업지구 하류하천 규모를 감안한 저류지의 적정 설계빈도의 채택과 저류지의 다목적 이용방안에 대해 검토하여 홍수재해로부터 안전하고 환경친화적인 개발사업이 될 수 있는 방안을 제시코자 한다.

핵심용어: 저류시설, 수문빈도, 설계기법

1. 연구개요 및 목표

하도 중심의 치수대책은 유역의 유출량을 거의 모두 하도에서 분담하고 유역의 하류부에 저류지 등을 설치하여 홍수량을 조절하는 방법이다. 그러나, 유역 내의 지속적인 개발과 도시화로 유출량이 증가하면서 하도의 통수능을 초과하게 됨에 따라 제방을增高하게 되고 특히, 하류부로 갈수록 유량의 급격한 증가로 제방고를 높여야 하는 악순환을 반복하게 되었다. 유역종합치수대책에서 특히 중요한 내용 중의 하나는 유출저감시설의 체계적인 설계와 효율적인 활용이다. 최근에는 일률적으로 임시 및 상시 저류지 등의 빈도설계를 통하여 개발 이후의 첨두유량이 개발 이전의 첨두 유량 보다 크지 않도록 우수 배제시스템을 설계하고 있으나 저류지와 같은 유출저감 시설을 유역출구에 설치함으로써 첨두유량만을 개발이전의 수준으로 유지할 뿐 여전히 유출량의 증가 및 홍수도달시간이 빨라지는 문제점을 근본적으로 해결하지 못하고 있다.

* 동의대학교 토목공학과 ·부교수 E-mail : kwseo@deu.ac.kr

** 동의대학교 대학원 토목공학과 ·박사과정 E-mail : ktgon@nate.com

*** 동의대학교 대학원 토목공학과·박사과정 E-mail : kils0008@hanmail.net

**** 동의대학교 대학원 토목공학과 ·석사과정 E-mail : bonjour0024@lycos.co.kr

***** 동의대학교 대학원 토목공학과 ·석사과정 E-mail : 334no1@paran.com

본 연구에서는 현행 재해영향평가제의 법적 테두리안에서 개발사업으로 인한 증가된 홍수 저감대책을 수립하는 과정에서 몇가지 개선방안을 제시, 연구하고자 한다. 즉, 홍수재해로부터 안전하고 환경친화적인 개발사업이 될 수 있는 방안을 제시코자 한다. 본 연구에서는 저류지, 수로, 습지 등 다양한 저류시설의 계획 및 설계에 있어 기존 재해영향평가에서 나타나는 문제중 설치저류지의 형태에 따른 수문학적인 규모설정이 적정한지를 강우량, 저류량, 유출량 등을 분석하여 적합한 빈도 및 수문량을 제공할 수 있도록 하고, 실제 국내 여건에 맞는 ON- OFF 저류시설 및 다양한 저류시설을 제안하고 이에 따른 기본적인 설계 지침을 제시하고자 한다.

2. 도시구역 저류지 현황 분석

2.1 개요

본 연구에서는 이 중에서 재해영향평가 대상 저류지의 형태, 설계의 기본이 되는 유출모형 등 저류지의 현황을 보다 자세히 분석하고자 한다. 본 연구에서 대상으로 한 저류지는 1998년-2005년 현재까지 최종본이 협의 완료된 재해영향평가 사업 중 도시구역 즉, 택지개발 및 도시개발사업 등 도시구역에 해당되는 총 45개 사업의 76개 저류지이며 이중 택지개발사업의 일부 현황을 보면 다음 표 1과 같다.

표 1. 재해영향평가 대상사업 중 도시구역 저류지 계획 현황(일부 예)

사업명	저류지 개수	사업면적 (m ²)	저류지구 분	저류지 형태	유출 모형	설계 빈도	저류량 (m ³)	저류수심 (m)
용인죽전지구 택지개발	4	3,584,174	1	Off-line	SCS	50	8,800	1.61
			2	Off-line	SCS	50	8,900	1.18
			3	Off-line	SCS	50	2,500	1.14
			4	Off-line	SCS	50	1,100	0.78
부천상동지구 택지개발	2	3,118,912	1	Off-line	ILLUDAS	100	59,079	4.3
			2	Off-line	ILLUDAS	100	1,000	1.4
대전노은지구 택지개발	1	1,957,070	1	Off-line	ILLUDAS	100	18,000	2.0
용인동백지구 택지개발	1	3,265,000	1	On-line	Clark	50	155,348	4.69
진주 평거3지구 택지개발	1	461,343	1	Off-line	ILLUDAS	50	80,980	3
남약신도시지구 택지개발	3	8,913,150	1	On-line	SCS	50	3,468	2.69
			2	On-line	SCS	50	298,822	1.73
			3	On-line	SCS	50	377,537	0.42
부산정관지구 택지개발	1	4,162,500	1	On-line	Clark	50	26,938	3.42
파주교하지구 택지개발	2	2,043,450	1	Off-line	ILLUDAS	50	26,667	4.6
			2	Off-line	ILLUDAS	50	22,989	4
인천논현(2)지구 택지개발	1	2,503,925	1	On-line	ILLUDAS	50	81,342	4.54
운남지구 토지구획 정리	3	487,600	1	Off-line	Clark	50	3,720	4.3
			2	Off-line	Clark	50	6,106	4.3
			3	Off-line	Clark	50	1,020	2.0
광명소하지구 택지개발	1	1,027,900	1	Off-line	Clark	50	22,850	3.34
울산화봉(2)지구 택지개발	1	452,880.1	1	On-line	Clark	50	7,79	4
하남풍산지구 택지개발	1	1,015,993	1	Off-line	ILLUDAS	50	30,640	4.17
군포부곡지구 택지개발	2	473,328.3	1	On-line	SCS	50	1,340	2.78

2.2 저류지 형식 분석

본 연구에서 대상으로 한 76개소의 저류지 중 on-line 형식으로 설계된 저류지는 33개소, off-line 형식으로 설계된 저류지는 43개소로 on-line 형식의 저류지가 전체 저류지의 약 43%, off-line 형식의 저류지가 약 57%로서 전체 저류지 중 off-line 형식의 저류지가 차지하는 비율이 다소 높았다. 재해영향평가 제도가 시행된 후 초기에 설계된 off-line 형식의 경우 저류지의 횡월류 유입구의 높이가 저류지의 설계빈도에 맞추어 설정되어 계획 빈도 이하의 유출량은 전량 하류부 하천으로 방류됨으로써 하류부 하천의 홍수량 부담이 높아지게 됨으로써 하류부 하천의 통수능에 문제가 발생할 위험이 있었다. 이와 같은 단점을 극복하기 위하여 최근에는 off-line 저류지 횡월류 유입구의 높이를 하천의 10년 계획빈도에 해당하는 수위에 맞추도록 유지하고 있다. 최근에는 off-line 형식에 대한 다양한 연구가 진행되어 위에 언급한 바와 같이 횡월류 높이를 낮추는 등 개선방안이 도출되고 있다. 또한, Off-line 저류지는 도시유역에 적용하는 데 장점을 가지고 있으므로 향후 지속적인 연구와 하류부 통수능 확보를 고려한 설계로 그 단점을 극복하여 유출량 저감과 공간 절약이라는 두 가지 목표를 충족시키는 방식으로 그 활용성이 높아져야 할 것으로 판단된다.

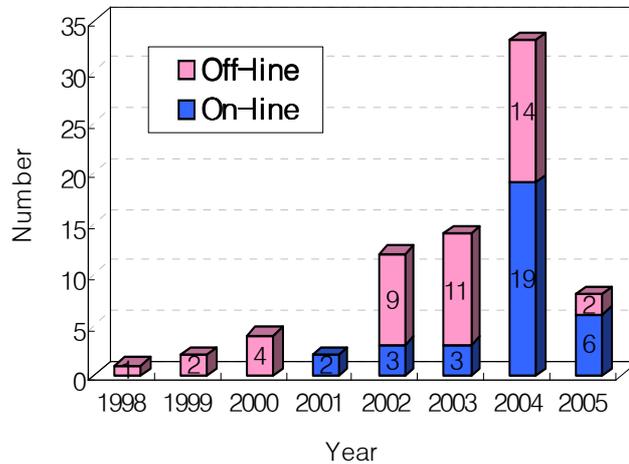


그림 1. On-line 및 off-line 저류지의 연도별 설치 비율

2.3 적용 유출모형 분석

재해영향평가제도 대상의 도시 및 택지개발 등 도시유역에 해당되는 사업 중 최종 협의가 완료된 76개소의 저류지가 포함된 소유역의 유출해석 모형으로 채택된 모형을 조사하였다. 그 결과 76개 소유역 중 최종적으로 SCS 모형을 채택한 곳인 46개 유역, Clark 모형을 채택한 곳이 17개 유역, 그리고 도시유출모형인 ILLUDAS 모형을 채택한 곳이 13개 유역으로 나타났다. 대상 유역의 대부분에서 유출해석에 사용된 모형은 주로 SCS, Clark, Nakayasu 등과 도시유출 모형인 ILLUDAS 모형이었다. 도시유역의 대표적 유출모형 중 하나인 SWMM 모형을 적용한 곳은 일부에 불과하였다. 재해영향평가서에서 동일한 유역에서 SCS, Clark의 두 모형과 ILLUDAS 모형의 유출 해석 결과를 살펴보면 대부분의 경우 ILLUDAS 모형이 침투유출량이 크게 나타나는 경향을 보이고 있다. 반면 유출총량의 경우에는 전반적으로 ILLUDAS 모형의 결과가 상대적으로 작은 경향을 나타내고 있다. 이 같은 경향은 모형 자체가 가지고 있는 차이점에 주로 기인한다고 할 수 있다. 지표면 유출을 모의하는 SCS, Clark 모형과 관망이 주가 되는 ILLUDAS 모형은 근본적으로 차이점을 갖게 되는 것이다. 이는 주로 침투유출량의 차이로 나타나게 된다. 그러나, 분석 결과 모형 자체의 차이점 외의 원인도 발견할 수 있었다. 특히 ILLUDAS에서 유출총량이 작게 나오는 이유가 적용 면적의 차이에 기인하는 경우가 있었다. 이와 같은 분석 결과를 종합해 볼 때 ILLUDAS 모형 적용시 주의해야 할 점은 비교의 대상이 되는 다른 모형과 공통되는 입력 조건은 될 수 있는 한 동일하게 해야 한다는 것이다. 즉, 적용되는

모형들의 해석 결과에서 유출총량은 어느 정도 유사한 결과를 보이도록 한 조건에서 침투유출량을 비교하여 적절한 모형을 채택해야 하는 것이다. 또한, 개발후 도시유역으로 계획되는 유역에서는 ILLUDAS 외에도 SWMM 등 도시유출모형을 적용하여 그 결과를 비교해야 한다. 이러한 과정을 거쳐 정확한 검토를 수행하고 분석한 후 적절한 한도 내에서 개발전 및 개발중의 해석에 채택된 모형과 개발후 유출모형을 동일하게 채택하는 데에는 무리가 없을 것으로 판단된다.

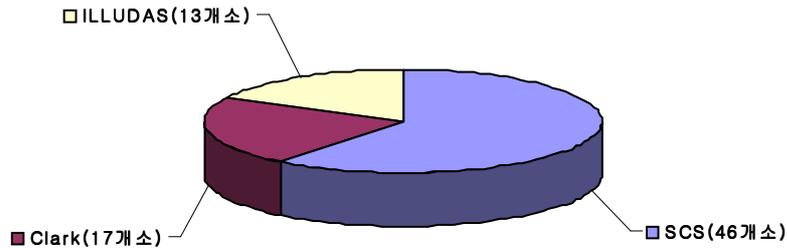


그림 2. 적용모형별 비율

2.4 설계빈도 분석

대상 저류지 중 2개 사업의 3개 저류지는 100년의 설계빈도를 채택하였으며 1개의 저류지는 80년 빈도를, 나머지 모두의 저류지는 50년의 설계빈도를 채택하고 있다. 100년 설계빈도의 3개소와 80년 빈도 1개소의 저류지는 모두 off-line으로 설계되어 있다. 우선, 전술한 바와 같은 off-line 저류지의 특성상 80년 및 100년의 설계빈도는 다소 과다한 설계인 것으로 판단된다. 또한, 현재 대부분의 관망설계시 합리식을 사용하고 있는 상황에서 저류지의 설계에는 전술한 바와 같은 모형들을 사용하고 있는 부분에 대한 연구도 필요하다고 판단된다. 유역 전체의 관점, 즉 관망, 저류지, 하류부의 하도 등에 대한 종합적인 분석을 통해 효율적인 최적의 저류지를 계획하는 전체적인 접근이 필요한 시기라고 판단된다.

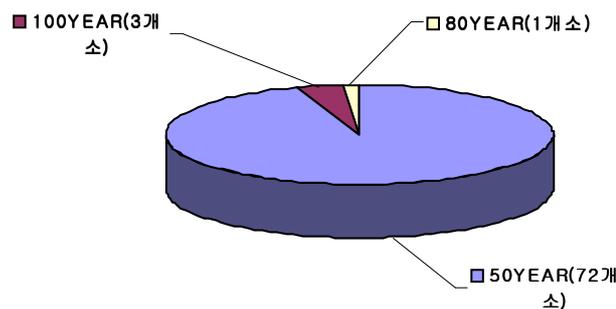


그림 3. 설계빈도별 비율

3. 유역내 저류지 확보 방안

도시 홍수재해를 체계적으로 관리하기 위한 요소기술의 하나인 홍수유출 저감시설의 설계기술에 대한 우

리나라 수준은 대부분 외국의 기준, 설계지침 및 자료를 인용하거나 외국의 시설을 수입하는 등 해외 기술력의 의존도가 대단히 높아 우리나라 실정에 적합한 유출저감시설에 대한 체계적이고 합리적인 설계기술의 개발이 절실히 요구된다. 국내 적용 가능한 유출 저감시설 및 각종 시설에 대한 설계 및 운영기술 제도화 방안을 제시하는 목적을 달성하기 위해서는 크게 두 방향으로 연구를 수행하고자 한다. 첫째, 도시유역 홍수유출 저감시설 형태에 따른 적정 수문량 분석으로 재해영향평가보고서를 조사분석하여 저류시설에 대한 방식과 설계 및 효율 등에 대한 각종 기술분석을 실시하되 현장 적용을 중심으로 수행함으로써 수문량 설계를 위한 체계적 분석과정은 물론 기법의 현장적용이 가능한 기술력을 개발하는데 주력하고자 한다. 둘째, 설계기준 및 기술개발을 위한 현장 모니터링으로 설치된 유출저감시설로부터 취득된 자료검토와 분석을 통하여 현장보완 및 추가적 시험시설을 운영하여 궁극적으로는 적용 수문설계빈도의 적정성과 유지관리시 나타나는 제반 문제점 등을 종합적으로 검토함으로써 유효한 계측 자료의 취득과 취득자료의 분석은 물론 치수목적의 저류지 형태에 따른 유출저감 효율을 극대화 할 수 있는 현장운영기법을 정립하고자 한다.

유역내 저류지를 설치하기 위해서는 정확한 계획과 분석이 수반되어야 한다. 이를 위해서는 우선 현재 유역의 유출량과 하도 및 기존 저류시설의 유출 분담량 파악, 그 후에 유역에서 분담시킬 유출량을 선정하고 유역 분담 방법을 결정해야 한다. 유역에서 유출량을 분담시키기 위해서는 저류지의 개수, 위치, 형태, 규모 등을 유역의 상황에 맞게 계획해야 한다. 이러한 과정을 거친 후 유역분담 저류지가 설치되었을 경우 유역의 유출특성 변화를 모의하여 유출 분담 효과가 만족할 만한 수준인지를 검토하고 그 결과를 계획에 feedback하는 과정을 통해 최적화를 이루어야 한다.

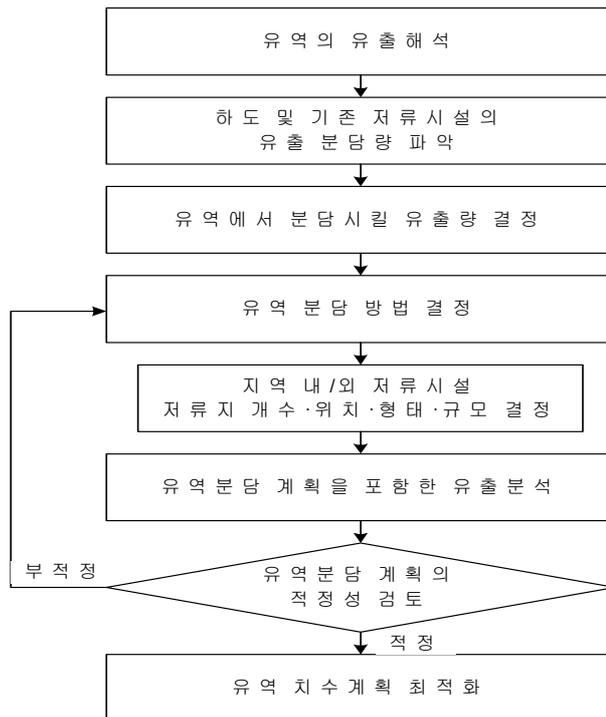


그림 4. 유역내 저류지 수립 절차

4. 결과의 활용방안 및 기대효과

국내의 여건에 적합한 저류시설의 형태를 제안하고 각 시설별 적정한 설계수문량 및 저류량을 중심으로 설계 관리기법을 제시하여 홍수유출 저감시설 계획 및 설치의 기준을 제공하고 홍수유출 저감시설의 신기술 개발 및 보급을 통해 유출저감시설에 대한 국내 기술력을 증대시킴으로써 홍수로부터 자유로운 도시를 건설

하는데 일익을 담당할 것으로 기대된다.

저류지 현장운영을 통하여 설계시 예측하지 못한 각종 기술적 애로와 자료취득 및 분석기법 개발 등 각종 유출저감시설의 설치 및 운영에 바로 적용될 수 있는 많은 기초자료를 제공할 수 있을 것이다. 유역내 홍수량 모의 기법 개발은 각종 유출저감기법의 적용 및 그 효과를 예측하여 광역적인 시설계획에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설핵심연구개발사업(03산학연 C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

- 건설교통부, 유역종합치수계획 수립지침 작성, 1973.
- 건설교통부, 방재종합대책 중장기 계획조사 보고서, 1988.
- 건설교통부, 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 2000.
- 국립방재연구소, 우수유출저감시설 설치기법 연구 종합보고서, 2003.
- 국립방재연구소, 45개 사업 재해영향평가 보고서, 1998-2005.
- 경기도, 임진강 수계 하천정비 기본설계보고서, 2003.
- 경기지방공사, 문산 첨단산업단지(선유지구) 재해영향평가서, 2004.
- 서규우, 도시유역 홍수유출저감시설 최적관리기법 기술보고서, 2005.
- 서규우, 도시유역 홍수유출저감시설 설계기술 보고서, 도시홍수 연구개발 사업단, 2005.
- 서규우, 하천공학원론, 구미서관, 2005.
- 서울지방국토관리청, 향양리 배수펌프장 설치공사 기본 및 실시설계보고서, 2003.
- 서울특별시, 우수유출 저감시설 시범사업 검토연구, 2000.
- 서울특별시, 2001 수해백서, 2001.
- 서울특별시, 정릉천 등 5개하천 하천정비 기본계획보고서, 2002.
- 이정식, 이재준, 김규호, 오석호, "도시유역에서 지체저류시설의 수문학적 설계에 관한 연구", 한국수자원학회 논문집, 제28권, 제2호, pp. 159-173, 1995.
- 홍익대학교 방재연구센터, 국립방재연구소, Off-line 저류지의 설계기준과 치수효과에 관한 연구, 2004.
- ASCE, Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems, Water Environment Federation, ASCE, 1992.
- Eagleson, P. S., Dynamic Hydrology, McGraw-Hill Inc., 1970.
- Gribbin, J. E., Introduction to Hydraulics and Hydrology with Applications for Stormwater Management, Delmar, 2002.
- Horton, R. E., "The role of infiltration in the hydrologic cycle.", Trans. AGU 14, pp. 446-460, 1933.
- Huber, W. C. and Dickinson, R. E., Stormwater management model, ver. 4, part a; user's manual, EPA-600/3-88/001a, U. S. EPA, 1988.
- Hydrologic Engineering Center, HEC-1 Flood Hydrograph Package, Davis, California: U.S. Army Corps of Engineers, 1981.
- Hydrologic Research Laboratory, National Weather Service River Forecast System