

천변저류지 조성에 따른 홍수위저감효과와 유지유량 분석

Analysis of Flood Level Reduction and Instream Flow by Washland Construction

김덕길*, 경민수**, 최강수***, 김형수****

Duck Gil Kim, Min Soo Kyoung, Kang Soo Choi, Hung Soo Kim

요 지

본 연구에서는 천변저류지 조성에 따른 홍수기의 홍수위 저감효과와 조성된 천변저류지를 비 홍수기에 습지로 활용 가능한가를 검토하기 위한 수문분석에 의한 저류지내 유지유량을 분석하였다. 대상유역은 경남 창녕군에 위치하고 있는 토평천 유역에 위치한 우포늪 주변지역이다. 홍수기의 홍수위 저감효과를 분석하기 위해서 1차원 수리모형인 HEC-RAS 모형의 부정류 해석을 이용하였으며, 비 홍수기의 습지로의 활용 가능성을 검토하기 위한 수문분석은 SWAT 모형을 이용하여 수행하였다.

HEC-RAS 모형을 이용한 홍수위 저감효과 분석은 천변저류지 조성 위치와 크기에 따른 시나리오별로 모의를 수행하였으며, 각 시나리오별 홍수위 저감효과를 분석한 결과 최대 약 56cm 정도의 홍수위 저감효과를 나타내는 것으로 분석되었다. SWAT 모형을 이용한 수문분석은 조성된 천변저류지가 습지로 활용 가능한가를 검토한 것으로써 2004년 8월 1일 ~ 2005년 7월 31일까지의 모의 기간에 대한 물수지 분석을 수행하였으며, 이를 통하여 천변저류지 조성지역의 수심변화를 분석하여 1년간의 유지유량을 검토하였다. 물수지 분석 결과 1년 동안에 천변저류지의 최저수심이 1.3m 정도 유지되는 것을 알 수 있었다.

핵심용어 : 천변저류지, 홍수위저감효과, 유지유량, HEC-RAS, SWAT

1. 서 론

기존의 홍수방어 대안은 제방의 직선화와 정비 위주의 1차원적인 사업을 통하여 홍수량을 신속히 바다로 유출시키고자 노력해 왔다. 그러나 기상이변, 유역 주변지역의 토지이용 변화, 제방위주의 하천정비사업에 따른 하류지역의 홍수량 집중 등으로 인하여 기존의 홍수방어 대안은 그 한계점을 드러내고 있으며, 또한, 하천 주변 지역의 인구 집중화와 도시화는 홍수피해의 잠재성을 증대시키고 있다. 따라서 최근에는 유역종합치수계획에 의해 홍수량을 유역 내에 분담시키고자 하는 노력을 수행하고 있는데, 이는 면적 개념의 2차원적인 홍수량 분담을 통해 하천의 부담을 줄이고 하천 범람으로 인한 홍수피해의 잠재성을 경감시키고자 하는 것이다 (건설교통부, 2005). 이를 바탕으로 최근 국내에서는 천변저류지를 활용한 화포천 유역에서의 홍수조절능력에 관한 연구(박창근 등, 2007), 천변저류지 조성계획에서 수문 및 수리적 운영에 관한 고찰(안태진 등, 2007), 천변저류지 조성 및 활용방안(김형수 등, 2006) 등과 같이 홍수기에 홍수량을 유역 내에 분담시키기 위한 방안으로 천변저류지 조성 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 이와 더불어 홍수 방어를 위해 조성된 천변저류지를 환경적인 측면에서 비 홍수기에 습지로의 활용 방안에 대해서 검토하고자 하는 연구가 일부 진행되었다.

따라서, 본 연구에서는 수리학적 분석 방법을 통하여 천변저류지 조성에 따른 홍수위저감효과를 살펴보고, 수문학적 분석 방법인 물수지 분석을 통한 천변저류지내 수심변화를 검토함으로써 홍수 방어 목적으로 조성된 천변저류지가 비 홍수기에 습지로의 활용가능성이 있는지를 살펴보고자 한다.

* 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : k1004dk@hanmail.net

** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : gigatg@inha.ac.kr

*** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : ih7912@paran.com

**** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : hungkim@inha.ac.kr

2. 대상유역

대상유역인 토평천 유역은 낙동강의 제1지류로서 하구로부터 상류 약 108km 지점의 좌안에서 유입하는 지방 2급 하천으로 유역면적은 123.97km²이고 하천연장은 29.570km이다. 토평천 유역의 상류부는 왕령산(EL. 428.6m), 열왕산(EL. 662.5m), 관룡산(EL. 739.7m) 및 화왕산(EL. 756.6m)으로 이어지는 고산들이 분수령을 이루고 있으나, 우포늪이 위치한 중·하류부에서는 지형적으로 분수계가 불명확해지면서 북으로는 지방 2급 하천인 연창천, 남으로는 창녕천 유역과 접하면서 남서측 경계를 이루는 낙동강과 연결된다. 그리고 현재 토평천 유역에는 우포늪(1,278,285m²), 목포(530,284m²), 사지포(364,731m²)와 쪽지벌(139,626m²)로 전체 2,132,926m²의 늪지대를 포함하고 있다(건설교통부, 2004).

본 연구에서 조성하고자 하는 천변저류지의 위치는 토평천 유역에 위치한 우포늪을 중심으로 하는 주변지역으로 그림 1에 나타나 있는 것과 같다.

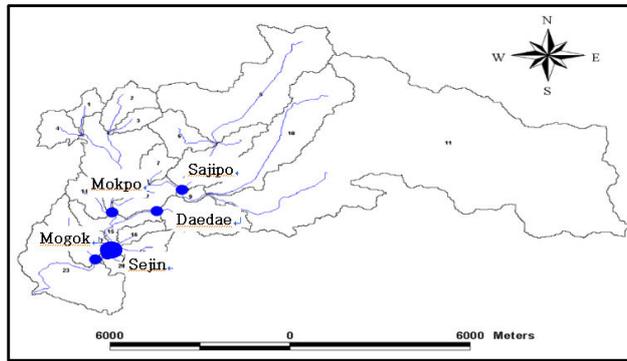


그림 1. 대상유역

3. 모형의 구축

3.1 HEC-RAS 모형 구축

홍수위저감효과 분석을 위한 HEC-RAS 모형의 구축에 있어서 지형자료는 토평천 유역의 각 단면자료를 입력하여 구성하였다. 경계조건으로 내부경계조건은 빈도별 유량수문곡선을 이용하였으며, 하류단 경계조건은 토평천 하류부가 낙동강 본류와 만나기 때문에 낙동강 본류의 수위(EL. 18.28m)를 사용하였다. 그리고 천변저류지의 조성은 HEC-RAS 모형에서의 Storage Area 기능을 이용하였으며, 이 때 저류지의 제원은 고도별 누가체적을 입력하도록 되어 있어 GIS 프로그램을 이용하여 천변저류지 조성 지역에 대한 고도별 누가체적을 입력하여 저류지를 구성하였다.

표 1. 고도별 누가체적

altitude	Accumulation volume (m ³)				
	Mogok	Sejin	Daedae	Sajipo	Mokpo
9	-	0	0	-	-
10	0	104,930	139,265.6	0	0
11	72,259.65	351,522.1	466,548.7	20,093.45	38,641.73
12	291,283.6	668,742.8	887,571.7	94,896.77	159,581.5
13	658,895.8	1,061,994	1,409,504	261,612.7	443,052.5
14	1,190,811	1,548,291	2,054,929	580,322.6	1,024,743
15	1,873,279	2,153,833	2,858,619	1,092,009	1,958,339
16	2,626,042	2,841,887	3,771,821	1,762,056	3,114,051
17	3,399,290	3,565,188	4,731,804	2,561,815	4,372,119
18	4,191,621	4,328,327	5,744,661	3,497,254	5,732,249
19	5,003,873	5,134,141	6,814,156	4,588,865	7,217,743
20	5,839,422	-	-	5,918,017	8,916,504

하도와 저류지의 연결은 HEC-RAS 모형에서 제공되는 측방구조물 중에서 웨어를 사용하였으며, 웨어의 폭은 삼교천 유역종합치수계획(2005)에서 저류지를 이용한 홍수저감효과 검토 시에 사용한 90m로 가정하였다.

3.2 SWAT 모형 구축

천변저류지를 비 홍수기에 습지로의 활용 방안을 검토하기 위하여 SWAT 모형을 이용하였다. 이 모형을 구축하는데 있어서 기본적으로 강우량, 일사량, 풍속, 습도, 기온 총 5가지의 기상자료가 필요하다(Neitsch, 2002). 기상자료는 대상유역 근처에 위치한 밀양, 진주, 영천 기상관측소의 일 자료를 이용하였으며, 모형에서의 하천망은 토평천 유역의 DEM자료를 이용하여 구성하였다. 또한, 저류지 조성지역은 유출구와 유입구를 임의로 생성하여 토평천 유역을 소유역으로 분할하여 저류지를 생성하였다.

또한, SWAT 모형의 매개변수 보정은 Eckhardt and Arnold(2001)가 제시한 SWAT 모형의 매개변수 분류를 정리하여 유출 및 증발산에 영향을 미치는 매개변수 총 13개에 대하여 시행착오법으로 민감도 분석을 수행하여 표 2과 같이 유출 및 증발산에 영향을 미치는 매개변수를 보정하였다.

표 2. SWAT 모형의 매개변수 보정

Classification	Parameter	The lowest value	The upper value	Calibration value
Ground Water	ALPHA_BF	0	1	0.1
	GWQMN	0	5000	4000
	GW_REVAP	0.02	0.2	0.02
	REVAPMN	0	500	100
HRU General	ESCO	0	1	0.95
Soil	TLAPS	0	50	-
	SOL_AWC	0	1	▽25
Main channel	CH_K2	-0.01	150	93.74
Management	BIOMIX	0	1	0.3
	USLE_P	0.1	1	0.23
	CN_2	35	98	▽30

4. 적용 및 분석

4.1 천변저류지 조성에 따른 홍수위저감효과

천변저류지 조성에 따른 홍수위저감효과를 분석은 토평천 유역의 5개 지역에 대하여 아래의 시나리오를 바탕으로 적용하여 모의를 수행하였다.

- CASE 1 : 천변저류지를 조성하지 않은 현상태
- CASE 2 : 모곡지역에만 천변저류지를 조성
- CASE 3 : 세진지역에만 천변저류지를 조성
- CASE 4 : 대대지역에만 천변저류지를 조성
- CASE 5 : 사지포와 우포를 연결한 상태
- CASE 6 : 목포와 우포를 연결한 상태
- CASE 7 : CASE 2~CASE 6을 모두 적용

홍수위저감효과 분석은 80, 100년 빈도에 대하여 수행하였으며, 이를 위한 모곡, 세진, 대대지역의 웨어의 높이는 토평천 유역의 지점별 홍수위가 18.28~19.26m임을 감안하여 16~20m 사이에서 HEC-RAS 모형을 이용하여 산정된 최적의 높이를 이용하였다. 각 조성지역의 웨어 높이는 모곡과 세진이 17.1m, 대대가 16.9m이며, 사지포와 목포의 경우는 저류지를 우포와 연결하는 것으로 우포높이의 하상고와 동일한 높이로 각각 10m(사지포), 8m(목포)로 하였다.

천변저류지 조성에 따른 홍수위저감효과를 주요지점별로 살펴보면 Table 3와 같으며, 홍수위저감효과가 가장 큰 CASE 7에 대하여 CASE 1과 비교하여 주요지점별 홍수위저감효과를 살펴보면 그림 3, 4와 같다.

표 3. 지점별 수위저감효과

(Unit : m)

Control Point	Frequency (year)	CASE 2 (Mogok)	CASE 3 (Sejin)	CASE 4 (Daedae)	CASE 5 (Sajipo)	CASE 6 (Mokpo)	CASE 7 (All area)
point 0.0 (토평천 하류)	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
point 3.0 (세진지역하류)	80	0.20	0.19	0.23	0.06	0.08	0.43
	100	0.20	0.20	0.24	0.06	0.08	0.45
point 5.4 (우포하류)	80	0.24	0.25	0.29	0.07	0.10	0.54
	100	0.24	0.25	0.30	0.07	0.10	0.56
point 11.38 (토평천상류)	80	0.16	0.16	0.19	0.07	0.09	0.35
	100	0.16	0.17	0.20	0.08	0.10	0.37

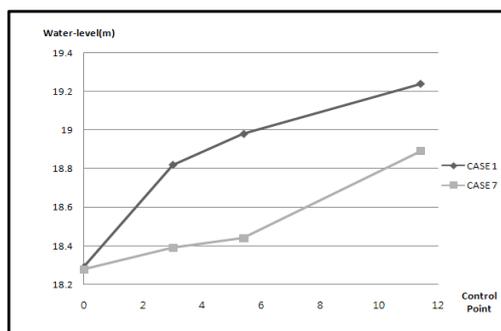


그림 3. 지점별 수위(80년 빈도)

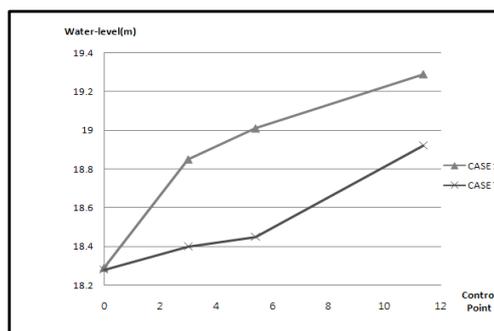


그림 4. 지점별 수위(100년 빈도)

4.2 천변저류지의 유지유량 검토를 위한 수문분석

모곡, 세진, 대대지역에 천변저류지를 조성하였을 경우에 이 지역들을 비 홍수기에 습지로 활용할 수 있는지를 검토하기 위하여 물수지 분석을 통한 천변저류지의 유지유량을 검토하였다. 모의 기간은 2004년 8월~2005년 7월까지로 평상시 습지로의 활용 가능성을 검토하기 위하여 2년 빈도 저류량을 초기값으로 하여 모의를 수행하였다.

모의기간 동안의 천변저류지 조성에 따른 대상유역의 증발량과 유출량을 검토한 결과 증발량과 유출고는 표 4과 같으며, 증발량과 유출량은 대상유역의 단위면적당 일평균 결과 값의 1년 동안의 합을 나타낸 것이다.

표 4. 단위면적당 강우량, 증발량, 유출고

	No Washland	Washland
Rainfall	976 mm	976 mm
Evaporation	416.87 mm	464.03 mm
Outflow	475.62 mm	367.29 mm

저류지내 유지유량을 파악하기 위하여 각 천변저류지의 1년 동안의 수심변화를 분석하였으며, 이때의 유지유량 검토는 저류지내에 유입된 유량이 기상조건에 의해서만 손실되는 것으로 가정하여 분석하였다. 천변저류지 조성 지역인 모곡, 세진, 대대지역의 수심변화는 아래 그림 5, 6, 7에 나타내었다.

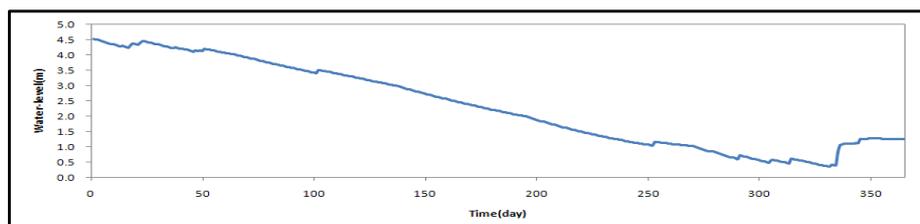


그림 5. 모곡지역의 수심변화 (2004. 8~2005. 7)

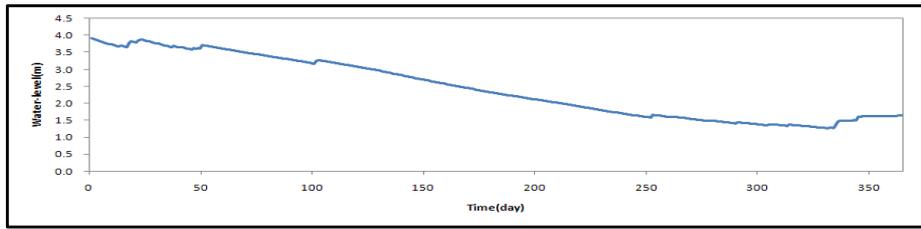


그림 6. 세진지역의 수심변화 (2004. 8~2005. 7)

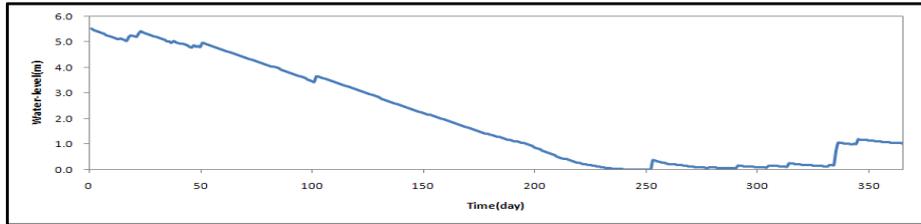


그림 7. 대대지역의 수심변화 (2004. 8 ~ 2005. 7)

5. 결론

본 연구에서는 천변저류지 구성에 따른 홍수위저감효과와 비 홍수기에 습지로의 활용가능성을 검토하기 위한 유지유량 검토를 수행하였다. 먼저, 홍수위저감효과 분석 결과를 살펴보면 하류부로 갈수록 홍수위저감효과가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 하류로 갈수록 소유역 및 하도를 통해서 유입되는 유출량이 증가하여 하천유량에 직접적으로 영향을 끼치기 때문이라 사료된다. 따라서, 천변저류지에 위한 저감효과는 그다지 크지 않은 것으로 볼 수 있다.

또한, 조성된 천변저류지의 물수지 분석 결과를 살펴보면, 천변저류지 구성에 따라 유역 전체의 유출량과 증발량이 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 강우에 의해 발생된 천변저류지의 저류량이 일정기간 동안의 침투와 증발작용에 의하여 변화함으로써 유출량과 증발량에 영향을 끼치는 것으로 생각된다. 그리고 천변저류지의 유지유량 검토를 위한 수심변화를 살펴보면 세진과 모곡지역의 경우 강우에 의해 저류된 유량이 일정 수준의 수심을 유지하는 것으로 분석 되었으나 대대지역의 천변저류지의 경우는 저류된 유량이 대부분 소멸되는 것으로 분석되었다. 따라서 세진과 모곡지역에 조성된 천변저류지의 경우 비 홍수기에 습지로의 활용이 가능할 것으로 생각되며, 대대지역에 천변저류지를 조성하여 비 홍수기에 습지로 활용하기 위해서는 추가적인 천변저류지 운영에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 건설교통부 (2004). 토평천 하천정비기본계획
2. 건설교통부(2005). 삽교천 유역종합치수계획
3. 건설교통부 (2005). 천변저류지 기본계획 수립에 관한 연구.
4. 김형수, 경민수, 김상단, 이진행 (2006). 천변저류지 조성 및 활용방안, 한국수자원학회 06 학술발표회 논문집, pp. 83-88
5. 박창근, 박재현, 이종진 (2007). 천변저류지를 활용한 화포천 유역에서의 홍수조절능력에 관한 연구, 한국수자원학회 07 학술발표회 논문집, pp. 331-335
6. 안태진, 김경섭, 강인웅, 김복천 (2007). 천변저류지 조성계획에서 수문 및 수리적인운영에 관한 고찰, 한국수자원학회 07 학술발표회 논문집, pp. 956-960
7. K. Eckhardt, J.G. Arnold (2001). Automatic calibration of a distributed catchment model, Journal of hydrology, 251, pp. 103-109
8. S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams, K.W. King (2002). Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation. Version 2000. pp. 415-416