

취수부 형식 및 제원 변화에 따른 강변저류지의 홍수저감효과 개선방안에 대한 연구

Study on Increase of Flood Reduction Effect of Washlands according to Type and Characteristics of Diverting Spillway

백천우*, 김도현**, 노희성***, 안태진****

Chun Woo Baek, Do Hyeon Kim, Hui Sung Roh, Tae Jin Ahn

요 지

강변저류지는 홍수터, 하천연안 저지대 농경지 등을 이용하여 기존 제방의 일부 구간에 취수부를 설치하고 계획홍수 초과 또는 일정 수위 이상 발생 시 이를 일시 저류함으로써 하류의 홍수량을 경감시키는 소규모 수공구조물이다. 이러한 강변저류지와 같은 소규모 수공구조물의 홍수조절효과에 가장 큰 영향을 미치는 인자로는 저류용량이 있으나, off-line 형식을 강변저류지에 적용할 경우 저류용량 이외에도, 취수부의 형식(월류제, 수문)과 취수부의 제원(월류고, 월류폭 등)은 강변저류지의 홍수조절효과에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 저류용량변화에 따른 홍수조절효과 변화에 초점을 맞춰 수행된 기존의 연구들과 달리, 취수부형식과 취수부 제원 변화에 따른 강변저류지의 홍수조절효과 개선방안을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 강변저류지, 분기형식, 홍수저감효과

1. 서론

최근의 기상이변과 지속적으로 증가하고 있는 산업화로 인해 홍수에 의한 피해가 증가하고 있다. 하지만 경제적, 환경적, 정치적인 이유로 댐과 같은 대규모 수공구조물의 신규 설치가 어려워 지고 있어 비교적 규모가 작고 평수기시 다용도로 활용 가능한 강변저류지의 도입에 이목이 집중되고 있다. 본 연구에서는 강변저류지의 취수부의 형식(수문, 월류제)과 제원(저류용량, 월류고, 월류폭)에 따른 홍수저감효과를 분석하여 강변저류지의 홍수저감효과를 개선시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

2. 제원변화에 대한 민감도 분석 및 홍수저감효과 개선 기법

2.1 저류용량 및 월류제의 제원에 따른 민감도 분석

일반적으로 강변저류지의 저류량이 클수록 홍수저감효과가 커지지만 기존의 하천 저지대 및 홍수터등을 사용하는 강변저류지의 특성상 저류용량이 한계되어 있으며 월류고는 홍수저감효과 발생 시점의 결정에 큰 영향을 미치며 지나치게 낮은 경우 월류총량이 저류용량을 초과할 수 있다. 월류폭 또한 너무 작으면 월류되

* 정회원 • Research Associate, School of Envir. Systems Eng. & Centre for Ecohydrology, Univ. of Western Australia • E-mail : baek@sese.uwa.edu.au-주저자

** 정회원 • 한경대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 • E-mail : luke8233@hanmail.net

*** 정회원 • 한경대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 • E-mail : heesung80@hanmail.net

**** 정회원 • 한경대학교 공과대학 토목공학과 교수, E-mail : ahntj@hknu.ac.kr

는 유량이 작아져 최대저류용량을 비효율적으로 사용할 수 있어 이러한 제원들의 결정에 있어 적합한 제원을 선택하여야 강변저류지의 홍수저감효과를 극대화 할 수 있다.

이러한 제원의 변화에 따른 민감도 분석을 실시하는데 있어 다음의 전제조건을 통해 홍수조절효과 향상 방안이 이용하였다.

첫째, 민감도 분석은 특정한 설계빈도와 유출수문곡선을 목표로 하여 홍수저감효과를 개선할 수 있는 방안을 제시하였다.

둘째, 강변저류지 직하류부의 홍수저감효과와 유역출구를 비롯한 저류지 하류부의 홍수저감효과는 상관관계를 가지고 있다. on-line형식의 저류지를 이용할 때 발생하는 침투홍수 도달시간을 지체시켜 저류지 하류부의 침투홍수를 증가시키는 현상은 발생하지 않는다. off-line저류지는 침투홍수 도달시간을 지체시키는 현상을 발생시키지 않으므로 직하류부와 하류부의 홍수저감효과는 상관관계를 가지고 있다.

2.2 강변저류지군의 최적위치 선정

강변저류지의 위치, 월류제원 등과 같이 결정변수가 증가할 경우 고려해야 할 조합의 수가 무한대로 늘어날 수 있어, 안태진 등(2008) 및 백천우 등(2009)의 연구에서 최적위치와 최적월류고 등을 결정하기 위해 사용한 모형을 적용하였다. 이 연구에서는 유역내에 위치하는 도시지역, 상습침수구역 등과 같이 토지이용현황, 과거 침수피해현황 등을 고려하여 홍수저감을 목표로하는 지점인 “홍수저감목표지점”의 개념을 제안하였으며, 최적위치 및 규모산정을 위한 적합도함수를 다음 식 (1) 및 (2)로 제안하였다.

$$\text{Maximize } B = \sum_{i=1}^n x_i \tag{1}$$

$$\text{Maximize } B = x_{outlet} \tag{2}$$

subject to $V_j \leq V_j^{\max}$ for $j=1, \dots, m$

식 (1) 및 (2)에서, x_i 는 유역내 홍수저감목표지점 홍수저감량, x_{outlet} 을 유역출구에서의 홍수저감량, n 은 홍수저감목표지점의 수, m 은 설치예정 천변저류지 수, V_j 는 후보천변저류지 용량, V_j^{\max} 는 후보천변저류지 최대용량을 의미한다.

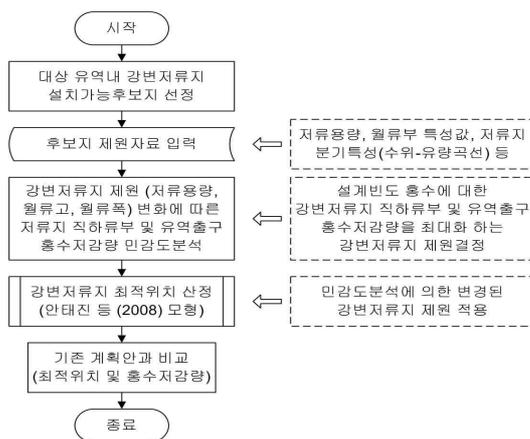


그림 1. 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법 흐름도



그림 2. 강변저류지 현황

2.3 강변저류지군의 홍수조절효과 개선방안

민감도분석을 통한 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법을 제안하여 1차적으로 결정된 대상구역의 후보지의 제원을 결정하고, 설계빈도의 홍수사상에 대해 강변저류지 제원변화에 따른 직하류부의 홍수저감량에 대하여 민감도 분석을 실시, 이 결과를 이용하여 직하류부의 홍수저감량이 최대가 되게 하는 강변저류지 제원을 결정한다. 결정된 제원을 이용하여 기존 개발된 강변저류지 최적위치결정모형(안태진 등, 2008)의 대상구역에서의 최적위치를 결정하여 비교, 검토하여 제안된 기법의 적용성을 검토한다. 그림 1 은 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법의 흐름도를 나타내고 있다.

3. 모형의 적용

3.1 대상구역

안성천 구역은 구역면적 1,658 km² 이며, 유로연장은 59.51km로 북동쪽으로는 한강구역, 남동쪽으로는 금강구역, 남서쪽으로는 삼곡천 구역과 접하고 있다. 안성천수계 구역종합치수계획(건교부,2007)에서는 13개의 후보지를 설정 각 후보지의 홍수조절 효과를 분석하여 제시한 바 있다.

3.2 적용결과

기존 안성천수계 구역종합치수계획(건교부,2007)에서 계획되어진 제원을 기준으로 저류용량은 ±20%까지 5%간격으로, 월류고와 월류폭은 각각 0.1m(월류고), 5m(월류폭)간격으로 ±0.3m(월류고, ±20m(월류폭)까지 변화시켜 분석을 수행하였으며 최종적인 제원은 다음과 같다.

표 1. 민감도 분석에 의한 강변저류지 최종제원

강변 저류지 ID	저류용량 (m ³)			월류고 (m)			월류폭 (m)		
	건설교통부 (2007)	금회선정	증감(%)	건설교통부 (2007)	금회선정	증감(m)	건설교통부 (2007)	금회선정	증감(m)
W1	575,000	575,000	0	6.50	6.70	0.2	30	20	-10
W2	2,784,000	2,784,000	0	7.60	7.60	0	75	75	0
W3	3,543,000	3,897,000	10	8.50	8.70	0.2	75	65	-10
W4	1,362,000	1,498,000	10	10.49	10.59	0.1	100	90	-10
W5	1,060,000	1,166,000	10	12.70	12.80	0.1	75	65	-10
W6	297,000	297,000	0	14.30	14.10	-0.2	100	110	10
W7	4,151,000	4,151,000	0	5.50	5.30	-0.2	50	60	10
W8	2,240,000	2,240,000	0	5.50	5.30	-0.2	30	40	10
W9	4,662,000	4,662,000	0	6.00	5.80	-0.2	70	80	10
W10	7,909,000	7,909,000	0	7.00	6.80	-0.2	200	210	10
W11	3,293,000	3,293,000	0	9.00	8.80	-0.2	70	80	10
W12	2,015,000	2,015,000	0	13.60	13.40	-0.2	70	80	10
W13	8,976,000	8,976,000	0	7.70	7.50	-0.2	70	80	10

그림 3은 강변저류지의 제원 변화에 대한 직하류부와 유역출구에서의 홍수저감량 변화의 상관도를 나타내고 있으며 그림에서 나타나듯이 대부분의 직하류부의 홍수저감효과가 유역출구 홍수저감효과와 상관관계를 가지고 있었다.

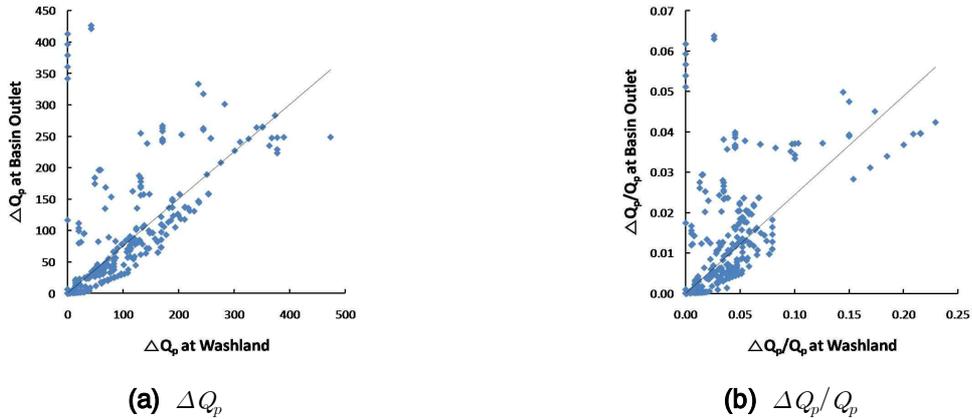


그림 3. 강변저류지 직하류부 및 유역출구 첨두홍수량감소 상관도 분석

3.3 최적위치의 선정

금회 선정된 결과를 기존 연구와 비교하여 보면 다음과 같다. 세가지 모형의 결과 중 백천우 등(2009)의 모형 적용결과가 유역출구 홍수저감효과 면에서 가장효율적인 결과를 주었으나 조합이 7개 이하일 경우는 금회의 결과가 가장 크게 산정되고 있었으며, 안태진 등(2008)의 결과보다 전반적으로 큰 홍수저감효과를 가져올 수 있었다. 이것은 본 연구에서와 같이 결정변수에 대한 민감도 분석만으로 보다 효율적인 홍수저감효과를 제공하는 강변저류지의 제원을 결정할 수 있었다.

표 2. 강변저류지 설치 수에 따른 최적위치 선정결과 비교

설치 저류 지 수	안태진 등 (2008)		백천우 등 (2009)		금회선정	
	최적위치	유역출구 홍수저감량 (m ³ /sec)	최적위치	유역출구 홍수저감량 (m ³ /sec)	최적위치	유역출구 홍수저감량 (m ³ /sec)
1	W13	265	W10	219	W13	335
2	W10,W13	405	W10,W13	423	W10,W13	497
3	W3,W10,W13	505	W3,W10,W13	531	W3,W10,W13	606
4	W2,W3,W10,W13	586	W2,W3,W10,W13	598	W2,W3,W10,W13	693
5	W2,W3,W4,W10,W13	626	W2,W3,W4,W10,W13	669	W2,W3,W9,W10,W13	779
6	W2,W3,W4,W9,W10,W13	719	W2,W3,W9,W10,W11,W13	822	W2,W3,W7,W9,W10,W13	850
7	W2,W3,W4,W5,W9,W10,W13	756	W2,W3,W4,W9,W10,W11,W13	882	W2,W3,W7,W8,W9,W10,W13	895
8	W2,W3,W4,W5,W7,W9,W10,W13	824	W2,W3,W4,W5,W7,W9,W10,W11,W13	988	W2,W3,W4,W7,W8,W9,W10,W13	937
9	W2,W3,W4,W5,W7,W9,W10,W11,W13	831	W2,W3,W4,W7,W9,W10,W11,W13	1,022	W2,W3,W4,W5,W7,W8,W9,W10,W13	966
10	W1,W2,W3,W4,W5,W7,W9,W10,W11,W13	844	W2,W3,W4,W5,W7,W9,W10,W11,W12,W13	1,042	W1,W2,W3,W4,W5,W7,W8,W9,W10,W13	983
11	W1,W2,W3,W4,W5,W7,W8,W9,W10,W11,W13	876	W2,W3,W4,W5,W7,W8,W9,W10,W11,W12,W13	1,096	W1,W2,W3,W4,W5,W7,W8,W9,W10,W11,W13	993
12	W1,W2,W3,W4,W5,W6,W7,W8,W9,W10,W11,W13	881	W2,W3,W4,W5,W6,W7,W8,W9,W10,W11,W12,W13	1,115	W1,W2,W3,W4,W5,W6,W7,W8,W9,W10,W11,W13	1,002
13	W1,W2,W3,W4,W5,W6,W7,W8,W9,W10,W11,W12,W13	881	W1,W2,W3,W4,W5,W6,W7,W8,W9,W10,W11,W12,W13	1,135	W1,W2,W3,W4,W5,W6,W7,W8,W9,W10,W11,W12,W13	1,004

4. 수문의 제원 및 운영조건에 따른 홍수저감효과

수문의 제원 및 운영조건에 대해 마두저류지의 100년빈도 강우사상에 대해 분석하였다. 앞서 기술한 바와 같이 직하류의 홍수저감량이 최대일 때 유역출구에서도 큰 홍수저감량을 가져올 수 있다면 수문의 제원 및 운영조건에 대하여 각각 저류지에 대해 최적의 제원 및 운영방안 및 최적의 조합을 제시할 수 있을 것이다.

표 3. 수문의 제원 및 운영조건별 홍수저감량

case	1	2	3	4	5
제원					
단위수문폭 (m)	5	5	5	5	6
수문바닥고 (EL.m)	7.2	6.2	5.2	6.2	6.2
수문침단고 (EL.m)	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
수문연수	5	5	5	6	6
수문개방 (m)	0.5	0.5	0.5	1	0.5
수문개방도 (%)	80	80	80	80	90
침투홍수저감량 (m ³ /sec)	64.7	158.0	274.5	237.1	266.1

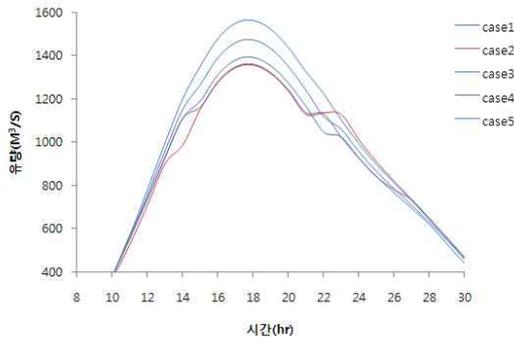


그림 4. 수문의 제원 및 운영조건별 수문곡선 (마두저류지)

5. 결 론

본 연구에서는 강변저류지의 제원(월류고, 월류폭, 저류용량)의 민감도 분석을 이용한 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법을 제안하였으며 제안된 기법을 통해 강변저류지 직하류부와 유역출구에서의 홍수저감량이 최대가 되게 하는 강변저류지의 제원을 결정, 안성천유역에 적용하여 적용성을 검토하였으며, 기존 연구결과와 비교하였을 때 효과적인 홍수저감효과를 제공하였다. 현재 수문의 운영조건에 따른 홍수저감효과에 대해 각각 후보지에 대해 연구하고 있으며 차후 유역전체에 대하여 수문의 운영조건에 대한 홍수저감효과와 최대화에 대해 연구되어야 할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업(06건설핵심B01)의 연구비의 지원으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 강수만, 박민지, 김상호, 김성준 (2007) “홍수범람모형을 이용한 침수피해 저감방안 연구 : 진위천 하천구간을 대상으로.” 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제27권, 제6B호, pp. 583 - 590.
2. 건설교통부 (2005). 천변저류지 기본계획 수립에 관한 연구, 건설교통부.
3. 건설교통부 (2007). 안성천수계 유역종합치수계획, 건설교통부.
4. 백천우, 김복천, 안태진 (2009). “월류부특성변화에 따른 천변저류지군의 홍수저감효과분석.” 한국방재학회논문집, 한국방재학회, 제9권, 제1호, pp. 145 - 150.
5. 안태진, 강인용, 백천우 (2008). “수문학적 홍수저감효과 기반의 천변저류지 최적위치 선정을 위한 의사결정모형의 개발.” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제41권, 제7호, pp. 725 - 735.
6. Ormsbee, L.E., Houck, M.H., and Delleur, J.W. (1987). “Design of Dual-Purpose Detention System using Dynamic Programming.” Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 113, No. 4, pp. 471 - 484.
7. Kamedulski, G.E., and McCuen, R.H. (1979). Evaluation of Alternatives Stormwater Detention Policies. Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 105, No. WR2, pp. 171-186.
9. Travis, Q.B. and Mays, L.W. (2008). “Optimizing Retention Basin Networks.” Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 134, No. 5, pp. 432 - 439.