

# 강변저류지군의 홍수저감효과 개선방안에 대한 연구

## Study on a Scheme to Increase Flood Reduction Effect of Washlands

백천우\* · 변천일\*\* · 김도현\*\* · 안태진\*\*\*

Baek, Chun Woo · Byeon, Chen Il · Kim, Do Hyeon · Ahn, Tae Jin

### Abstract

Due to climate change and difficulty in construction of large dam, it is on the increase to use small hydraulic facilities such as washland for the flood control purpose. Since there can be many potential locations for washland in a basin, it is important for determination of optimal location to calculate flood reduction effect of washlands substantially and exactly. In this study, a new scheme to increase flood reduction effect of washlands is suggested. Suggested scheme uses sensitivity analysis of flood reduction effect depending on washland characteristics such as storage volume, spillway elevation and spillway width. The characteristics of the washland is determined by results of sensitivity analysis to maximize flood reduction effect at basin outlet and downstream of a washland. The methodology is applied to Anseong river basin to show its applicability and applied result is compared with those of another studies.

**Key words** : Washland, Flood Reduction, Sensitivity Analysis

### 요 지

강변저류지와 같은 소규모 수공구조물에 의한 홍수저감방안의 필요성이 증가하고 있으며, 대상 유역내에 다수의 후보지역이 존재하는 강변저류지 계획에 있어서, 네트워크로 간주된 전체 저류지군의 실질적인 홍수조절효과의 산정이 필수적이다. 본 연구에서는 저류용량, 월류고, 월류폭 등과 같은 강변저류지 제원에 대한 민감도 분석을 통한 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법을 제안하였다. 제안된 기법은 설계빈도 홍수사상에 대하여 강변저류지 제원 변화에 따른 직하류부 및 유역출구 홍수저감량 민감도 분석을 실시하고, 민감도분석 결과를 이용하여 직하류부와 유역출구에서의 홍수저감량이 최대가 되게 하는 강변저류지 제원을 결정한다. 제안된 기법을 안성천 유역에 적용하여 적용성을 검토하였으며, 기존의 연구결과와 본 연구에서 제안한 기법의 결과를 비교분석하였다.

**핵심용어** : 강변저류지, 홍수저감효과, 민감도 분석

### 1. 서 론

지속적으로 증가하고 있는 도시화와 산업화, 그리고 전 세계적으로 문제가 되고 있는 최근의 기상이변으로 인해 홍수 피해의 규모 및 피해액은 증가하고 있다. 하지만, 경제적인 측면, 환경적인 측면 및 정치적인 측면 등과 같은 다양한 이유로 인해 댐과 같은 대규모 수공구조물의 신규설치가 점차 어려운 실정이다. 따라서 소규모 수공구조물에 의한 홍수저감방안에 대한 필요성이 증가하고 있으며, 대규모 수공구조물에 비해 규모가 작고 평수기시 다용도로 활용 가능한 강변저류지의 도입이 검토되고 있다.

강변저류지는 하천연안 저지대 농경지를 이용하여 기존 제방의 일부 구간에 월류제(취수부)를 설치하고 계획홍수 초과

또는 일정 수위 이상 발생 시에, 이를 일시 저류함으로써 하류의 홍수량을 경감시키는 시설로, David and Ronald (1992)는 “an area of flood-plain that has been embanked to provide some degree of protection from flooding”이라고 강변저류지(washland)를 정의하였다. 강변저류지는 기존의 하도 내에 수공구조물을 설치하거나, 하도를 개선하는 방식 등으로 홍수조절효과를 기대하는 방식이 아니며, 하도 주변에 위치한 농경지 등으로의 2차원적인 홍수량 분담을 통해 하천의 홍수부담을 감소시키는 방식을 이용한다. 따라서 홍수조절효과가 확실하고, 그 효과가 즉시 나타나는 특징이 있다. 또한 홍수저감효과 이외에 비홍수기 습지와 농경지, 생태공원, 스포츠 시설 등으로 활용할 수 있어, 6월에서 9월까지 대부분의 강수가 집중되고 있는 국내의 경우, 비홍수기 활용적

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

\*\*한경대학교 공과대학 토목공학과 석사과정

\*\*\*정회원 · 한경대학교 공과대학 토목공학과 교수 (교신저자)

측면에서 보유하고 있는 잠재적 가치가 크다는 장점이 있다. 하지만 강변저류지는 침투홍수 저감을 위해 유역의 중상류지역에서 기존의 홍수터활용함으로 인해, 큰 시설부담 없이 일정 홍수조절효과를 얻을 수 있는 자연친화적인 시설로 알려졌음에도 불구하고, 그 효과에 대한 정량적 평가가 쉽지 않아 강변저류지가 갖는 장점이 크게 부각되지 못했다. 국내에서는 2000년대 중반에 '천변저류지', '생태천변저류지' 등의 명칭으로 관련된 연구가 수행되기 시작하였으며, 최근 관련분야 전문가들의 협의를 통해 '강변저류지'로 명칭을 통일하고 본격적인 연구가 진행 중에 있다.

Hammer (1989), Kadlec and Knight (1996), Kusler and Kentula (1996) 및 Anrold et al. (2001) 등은 강변저류지의 복원 및 조성이 홍수방어, 수질개선 및 생물 다양성 증진 등을 위한 생태학적 하천복원의 의미 있는 대안이라 제시하였으며, English Nature (2004)는 강변저류지의 역할과 이익을 규정하고 강변저류지의 복원을 위해 고려할 요소들에 대해 분석하였다. 건설교통부 (2005)는 홍수조절 및 습지의 관점에서 강변저류지를 정의하고, HEC-RAS의 부정류 모의 기능을 이용하여 강변저류지의 홍수조절 효과를 분석하였다. 강수만 등 (2007)은 2차원 홍수범람 해석모형인 FLUMEN을 이용하여 진원천 하천구간에 대한 홍수범람해석을 모의하였으며, 강변저류지에 의한 유입량 감소방안을 제시하였다. 안태진 등 (2008)은 수문학적 접근방법에 의해 강변저류지의 홍수조절효과를 산정하는 방안을 제시하고, 최적화기법인 유전자 알고리즘과 연계하여 최적의 강변저류지 위치를 결정하는 모형을 제안하였다. 광재원 등 (2008)은 토평천 유역의 강변저류지가 갖는 홍수조절기능의 경제적 가치를 다차원 홍수피해 산정법을 이용하여 산정하였으며, 대체비용법과 선택실험법을 이용하여 수질개선기능과 생태적 기능의 경제적 가치를 각각 산정하였다. 백천우 등 (2009)은 안태진 등 (2008)이 개발한 모형을 보완하여 강변저류지의 홍수저감효과를 최대화 할 수 있는 최적위치 및 최적월류고를 동시에 결정할 수 있는 모형을 제안하였다. 백천우와 안태진 (2009)은 설계빈도 변화에 따른 강변저류지군의 홍수저감효과를 산정하였으며, 산정된 홍수저감효과를 분석하여 강변저류지의 최적위치를 선정하기 위한 새로운 지수를 제안하였다.

이와 같이 기존에 국내에서 수행된 강변저류지와 관련된 연구는 홍수조절효과의 정량화방안에 집중되어 왔다. 강변저류지 설치로 인해 기대되는 다양한 효과들 중에서 홍수조절효과가 차지하는 비중이 매우 크며, 홍수조절효과의 최대화가 강변저류지 계획에 있어서 가장 중요한 기준으로 사용될 수 있기 때문이다. 하지만, 특정 위치에 존재하는 저류지가 직하류부의 침투홍수를 낮추고, 침투홍수 도달시간을 지체시킬 수 있다하더라도, 이 결과는 대상저류지의 하류부에 위치한 다른 지점의 침투홍수를 증가시킬 수도 있다. 따라서 홍수저감효과를 이용하여 위치, 제원 등과 같은 소규모 저류지군의 최적설계를 수행할 경우, 각각 저류지의 직하류부에서 발생하는 홍수저감효과가 아닌, 전체 저류지군을 네트워크로 간주하고 각각의 저류지군이 조합에 의해 발생하는 홍수저감효과를 고려해야 한다 (Kamedulski and McCuen, 1979; Ormsbee et

al., 1987; Travis and Mays, 2008; 안태진 등, 2008; 백천우와 안태진, 2009).

다수의 강변저류지군을 네트워크로 고려하여 홍수저감효과를 산정하고, 이를 바탕으로 최적의 강변저류지 계획수립을 위한 기준으로 사용하고자 할 때 발생하는 대표적인 문제는 고려해야 하는 경우의 수가 크다는 것이다. 대상유역에 다수의 후보저류지가 존재하고, 위치, 월류부 제원 등과 같이 결정해야 하는 변수가 증가할 경우, 경우의 수가 무한대로 늘어날 수 있으며, 최적의 설계를 위해 최적화기법 등의 적용이 필요하게 된다 (Yeh et al., 1997; 안태진 등, 2008; 백천우와 안태진, 2009). 하지만 실제적이고 효율적인 강변저류지 계획을 위해서는 이와 같은 최적화기법의 적용에 앞서서 강변저류지 제원에 따른 홍수저감효과 변화의 분석이 우선되어야 할 것이다.

강변저류지는 설치 형태에 따라 On-Line과 Off-Line 형식으로 구분할 수 있으며, 저류용량이 작은 강변저류의 특성상 Off-Line 형식이 보다 많은 홍수조절효과를 제공할 수 있다. Off-Line 형식인 강변저류지의 홍수조절효과에 영향을 미치는 대표적인 인자로는 저류용량, 월류고, 월류폭 등이 있으며, 본 연구에서는 강변저류지 제원(저류용량, 월류고, 월류폭)에 따른 홍수저감효과를 분석하고, 이 결과를 바탕으로 강변저류지의 홍수저감효과를 개선시킬 수 있는 방안을 제시하였다. 또한 대상유역에 존재하는 각각 강변저류지의 홍수조절효과를 최대화하기 위해 결정된 제원은 대상 후보지 중의 최적위치를 결정하기 위한 기준으로 사용된다. 본 연구에서 제안한 방안은 각각 강변저류지의 제원 결정을 위해 저류용량, 월류고 및 월류폭의 변화에 따른 민감도 분석을 사용하며, 다수의 후보지 중 최적위치를 결정하기 위해서는 수문학적 홍수추적과 유전자알고리즘을 이용하여 강변저류지 최적위치를 결정하는 안태진 등 (2008)의 모형을 이용하였다. 제안된 방안의 적용성 검토를 위해 "안성천유역종합치수계획 (건설교통부, 2007)"에서 계획한 13개 강변저류지를 대상으로 모의를 수행하였으며, 기존의 연구결과와 본 연구에서 제안한 기법의 결과를 비교분석하였다.

## 2. 강변저류지의 홍수저감효과

### 2.1 저류지 형식에 따른 홍수저감효과

강변저류지는 설치 형태에 따라 On-Line과 Off-Line 형식으로 구분된다. On-Line 형식은 일반적인 댐과 같이 유역의 모든 유출량이 강변저류지로 유입된 후 저류효과에 의해 침투홍수를 감소시킨 후 하천으로 방류되는 형태이며, Off-Line 형식은 유역의 모든 유출량 중 일정 수위를 초과하는 유량만을 강변저류지로 유입시켜 본류의 침투유량을 감소시킨 후 방류하는 형태이다. 표 1은 On-Line 및 Off-Line 형식 강변저류지의 장단점을 나타내고 있으며, 그림 1은 일반적인 Off-Line형식의 강변저류지 월류부의 평면도를 나타내고 있다.

그림 2는 강변저류지 형식에 따른 유출수문곡선의 변화를 비교해 나타내고 있다. 그림 2의 (a)에 나타난 것과 같이 On-Line 형식의 강변저류지는 저류효과에 의해 침투홍수를

표 1. On-Line 및 Off-Line 강변저류지의 장단점 비교

구분	장점	단점
On-Line	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유출량 및 침투유출량의 증가를 동시에 제어할 수 있어 치수면에서 유리</li> <li>- 주로 습식 저류지이므로 친수적 공간조성이 용이</li> <li>- 하류부 하천의 설계빈도에 상관없이 적용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소요용량이 Off-Line보다 훨씬 크게 산출되어 토지이용 측면에서 불리</li> <li>- Off-Line보다 설치비용이 크며, 유지관리가 어려움</li> </ul>
Off-Line	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On-Line 방식보다 설치면적이 작으므로 토지이용 측면에서 유리하고, 경제적 측면에서 시공비용 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하류부 하천의 설계빈도가 계획빈도 미만일 경우, 하류부 하천의 설계빈도에 맞추어야 적용 가능함</li> <li>- 횡일류되는 월류부의 특성에 따라 홍수저감 효과가 민감하게 반응</li> </ul>

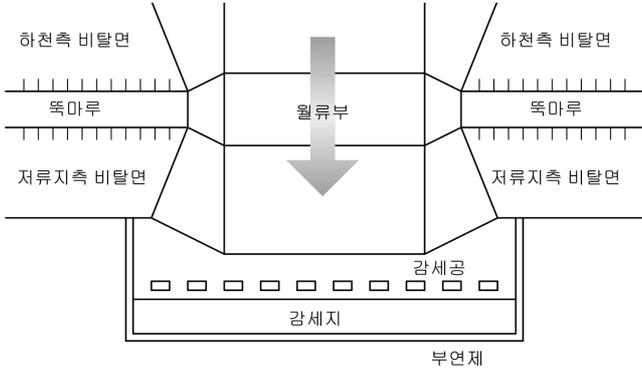
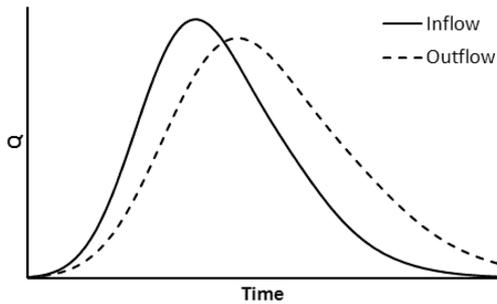
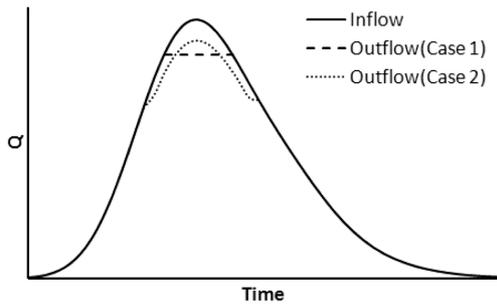


그림 1. 강변저류지 월류부의 표준평면도 (국토해양부/한국건설교통기술평가원, 2009)



(a) On-Line



(b) Off-Line

그림 2. 강변저류지 형식에 따른 유출수문곡선 변화

감소시키고 침투홍수도달시간을 지체시킨다. 저류효과는 설계 빈도에 상관없이 발생하지만, 저류효과에 의해 홍수조절효과를 얻기 위해서는 목표하는 홍수저감량에 따라 저류지의 규모가 크게 산정될 수 있다. 하지만 실제 강변저류지는 대부분 하천변 공간을 이용하기 때문에 대규모로 설치하는 것이 사실상 어려우며, 소규모 강변저류지는 하천의 규모가 크게 되면 상대적으로 거의 효과를 거둘 수 없는 한계가 있다. 즉 대하천의 경우에는 대규모의 강변저류지가 필요하지만, 우리

강변저류지군의 홍수저감효과 개선방안에 대한 연구

나라의 경우 대부분 하천변에 대규모 공간을 확보하는 것이 쉽지 않기 때문에 Off-Line 형식의 강변저류지가 주로 계획되고 있는 실정이다.

그림 2 (b)에 나타난 것과 같이 Off-Line형식의 강변저류지는 특정 유량(한계유량)을 초과하는 유량만을 강변저류지로 유입시켜 본류의 침투유량을 감소시킨 후 방류하는 형태로 운영된다. 또한 Off-Line형식의 홍수저감 효과는 그림 2 (b)의 Case 1 및 Case 2와 같이 두 가지 형태로 구분할 수 있다. Case 1은 한계유량 이상에 해당하는 홍수량이 모두 저류지로 유입되는 방식이며, 이와 같은 결과를 얻기 위해서는 분기유량에 제한이 없도록 월류부를 계획해야 한다. Case 2는 저류지로 분기되는 유량이 저류용량 및 월류부의 제원에 따라 결정되는 방식이다. 즉 한계유량을 초과하는 유량이 저류지를 통과할 경우, 월류부의 제원(월류고, 월류부형식, 월류부 폭 등)에 의해 분기시점 및 유량이 결정되며, 최대저류용량에 도달할 때까지 한계유량을 초과하는 홍수량의 전체 혹은 일부가 분기되어 홍수저감효과를 발생시킨다. 따라서 강변저류지의 홍수저감효과 산정에 있어서 저류용량 및 월류부 제원의 결정이 매우 중요한 역할을 하게 된다. Off-Line 형태의 저류지는 유출량의 일부를 분기하기 위해 횡일류위어 방식이 일반적으로 사용되고 있으며, 다음 식 (1)은 횡일류위어의 월류량 산정식을 나타내고 있다.

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2} \quad (1)$$

여기서,  $Q$ : 월류유량,  $C$ : 유량계수,  $L$ : 월류웨어폭,  $H$ : 월류수위

### 3. 민감도 분석을 통한 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법

#### 3.1 저류용량 및 월류부 제원에 따른 민감도 분석

전술한 바와 같이, 강변저류지 저류용량 및 월류부 제원의 결정은 Off-Line형식의 강변저류지의 홍수저감효과 산정에 있어서 큰 영향을 미친다. 따라서 보다 실제적이고 효율적인 강변저류지 계획을 수립하기 위해서는 이들 강변저류지 제원에 따른 홍수저감효과 변화를 보다 상세하게 분석하는 과정이 우선되어야 할 것이다. 그림 3은 Off-Line형식 강변저류지의 저류용량 및 월류부 특성에 따라 발생 가능한 세 가지 경우의 유출수문곡선 변화를 비교해 나타내고 있다.

Case 1 (그림 3 (a))는 침투홍수에 도달하기 이전에 강변저류지로 유입된 양이 저류용량을 초과하여 홍수저감효과를

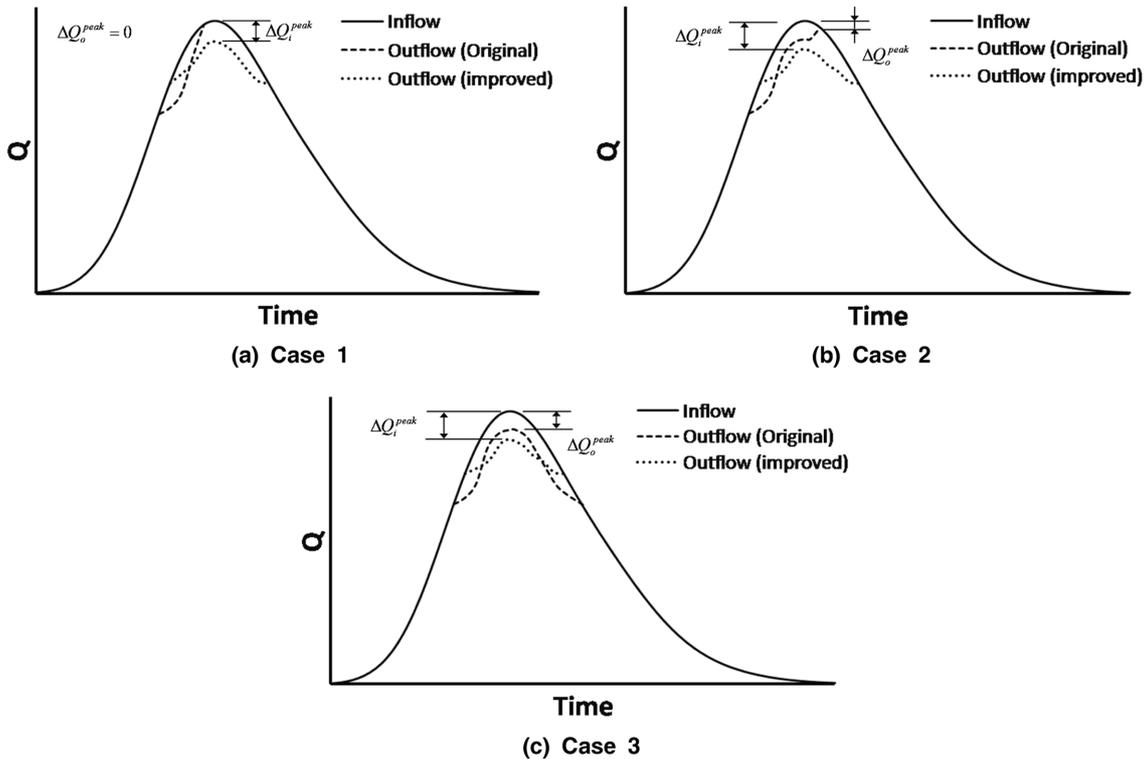


그림 3. 저류용량 및 월류부 특성에 따른 유출수문곡선 변화

전혀 얻을 수 없는 경우에 해당하며, Case 2 (그림 3 (b))는 침투홍수 발생이후 저류용량이 부족하여 한계유량을 초과하는 유량이 하천에 흐르지만 강변저류지로 유입이 되지 않아 실제 홍수저감량이 침투홍수 발생 시보다 작게 산정되는 경우이다. Case 3 (그림 3 (c))은 강변저류지 저류용량이 충분하여 한계유량을 초과하는 유량에 대해 전체 혹은 일부를 항상 감소시킬 수 있는 경우이다. 강변저류지를 계획함에 있어서 가장 이상적인 형태는 Case 3에 해당하는 유출수문곡선 변화를 얻을 수 있도록 저류용량 및 월류부 제원을 결정하는 것이며, 이 때 가장 중요한 인자는 저류용량, 월류고 및 월류폭의 세 가지이다.

일반적으로 강변저류지의 저류용량이 클수록 홍수저감효과 커지지만, 기존의 홍수터 등을 활용하는 강변저류지의 특성상 저류용량을 무제한으로 증가시키기는 어렵다. 월류고는 한계 유량의 결정, 즉 홍수저감효과 발생 시점의 결정에 큰 영향을 미치며, 월류고가 낮을 경우 침투홍수 발생 전에 유입된 유량의 합이 저류용량을 초과하는 경우가 발생할 수 있으며, 월류고가 높을 최대저류용량을 비효율적으로 사용하여 침투홍수 저감효과를 최대로 얻지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 또한 월류폭이 클수록 식 (1)에 의해 산정되는 월류유량이 증가하므로, 분기유량의 합이 조기에 최대저류용량에 이를 수 있고, 반면에 월류폭이 너무 작을 경우, 월류고가 너무 높을 경우와 같이 최대저류용량을 비효율적으로 사용하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 강변저류지의 홍수저감효과를 최대화하기 위해서는 설계홍수에 적합한 저류용량 및 월류부 특성을 결정해야 하며, 이를 통해 목표하는 침투홍수저감효과를 얻을 수 있게 된다. 예를 들어 그림 3의 Case 1과 Case 2의 경우, 강변저류지의 저류용량 증가, 월류고 상향조정 혹은

월류폭 감소 등을 이용하여 강변저류지의 홍수저감효과가 침투홍수도달 시에 최대가 되도록 할 수 있다. 또한 Case 3의 경우에도, 월류고를 상향 조정하고 월류폭을 적합한 값으로 증가시킬 경우 침투홍수저감효과를 기대할 수 있다.

따라서 저류용량, 월류고 및 월류폭과 같은 저류지 제원 변화에 따른 민감도 분석을 이용하여 최대의 홍수저감효과를 제공할 수 있는 제원을 결정할 수 있을 것이다. 하지만 본 연구에서는 다음과 같은 두 가지 전제조건을 민감도분석결과의 홍수조절효과 향상 방안에 이용하였다.

첫째, 민감도 분석은 특정한 설계빈도와 유출수문곡선을 목표로 한다. 일반적으로 Off-Line 저류지는 한계유량을 초과하는 유입량에 대해서만 홍수조절효과가 발생하므로 침투홍수 발생 전후의 유출수문곡선 특성 (수문곡선 폭, 유량 증가 및 감소 비 등에 의해 홍수저감효과가 변할 수 있다. 특히 설계강우에 의해 모의된 유출수문곡선과 실강우 사상에 의해 발생하는 유출수문곡선을 대상으로 산정된 강변저류지의 홍수저감효과는 차이가 있을 것이다. 하지만 수리구조물의 최적 설계를 위해 발생 가능한 다양한 유출 패턴을 고려하는 것은 현실적으로 불가능하며, 이와 같은 이유로 하천설계기준, 댐 설계기준 등을 비롯한 많은 수공분야 지침서에서는 목표하는 설계빈도에 대한 유출수문곡선을 계획 및 설계의 대상으로 정하고 있다. 따라서 본 연구에서는 목표하는 설계빈도와 유출수문곡선을 대상으로 강변저류지의 홍수저감효과를 개선할 수 있는 방안을 제시하였다.

둘째, 유역출구에서의 홍수저감효과는 유역전반의 홍수저감효과를 대표할 수 있다. 서론에 언급한 것과 같이, 특정 위치에 존재하는 저류지가 직하류부의 침투홍수를 낮추고, 침투홍수 도달시간을 지체시킬 수 있다하더라도, 이 결과는 대상

저류지의 하류부에 위치한 다른 지점의 침투홍수를 증가시킬 수도 있다. 이와 같은 이유로, Travis and Mays (2008)의 연구를 비롯한 많은 연구에서는 소규모 저류지군의 최적설계를 위해서는 전체 저류지군을 네트워크로 간주하고 각각의 저류지군이 조합에 의해 발생하는 홍수저감효과를 고려해야 한다고 지적하였다. 하지만, 이와 같은 사항을 고려하기 위해서는 강변저류지군의 설치로 인해 발생하는 홍수저감 영향을 유역전반에 걸쳐 분석하는 과정이 필요하게 되나, 유역전반에 걸친 홍수저감효과를 동시에 고려하는 것은 매우 어려운 문제이다. 물론 도시지역, 상습침수구역 등과 같이 토지이용현황, 과거 침수피해현황 등을 고려하여 홍수저감을 목표로 하는 지점인 “홍수저감목표지점” (안태진 등, 2008; 백천우 등, 2009)만을 대상으로 홍수저감효과를 이용할 수는 있을 것이나, 대상유역 내에 다수의 홍수저감목표지점이 있을 경우 어느 지점에 얼마나 가중치를 부여할 지를 결정하는 것도 쉽지 않은 문제이다. 따라서 각각의 강변저류지의 홍수저감효과에 대한 민감도 분석을 수행하기 위한 대표되는 지점으로 본 연구에서는 유역출구를 설정하였다. 특히, 저류효과에 의해 침투홍수를 낮추고 침투홍수도달시간을 지체시키는 On-Line 형식의 저류지는 지체된 침투홍수의 증첩효과 등에 의해 하류부의 침투홍수를 오히려 증가시키는 결과를 줄 수 있지만, Off-Line 형식의 저류지는 침투홍수도달시간 지체현상을 발생시키지 않으므로, 본 연구에서 사용한 ‘유출구에서의 홍수저감효과는 유역전반의 홍수저감효과를 대표할 수 있다’라는 전제조건은 비교적 타당한 조건이라 판단할 수 있다.

### 3.2 강변저류지군의 최적위치 선정

강변저류지의 위치, 월류제원 등과 같이 결정변수가 증가할 경우 고려해야 할 경우의 수가 무한대로 늘어날 수 있다. 이와 같은 이유로 detention basin의 최적위치와 월류고를 결정

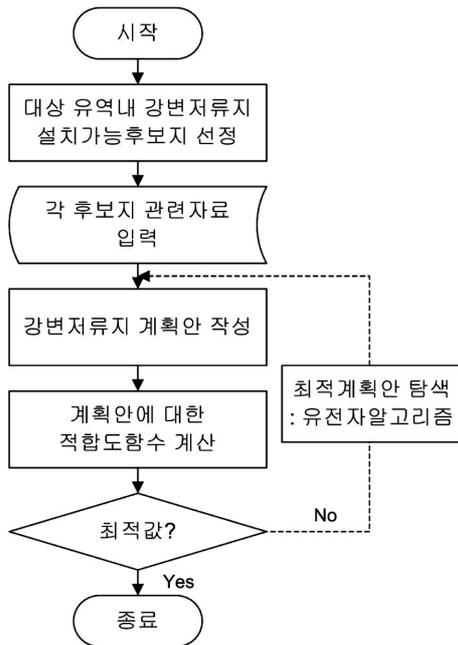


그림 4. 강변저류지 최적위치 결정을 위한 흐름도 (안태진 등, 2008)

하기 위한 Yeh et al. (1997)의 연구, 강변저류지의 최적위치를 결정하기 위한 안태진 등 (2008)의 연구 및 강변저류지의 최적위치와 최적월류고를 동시에 결정하는 모형을 개발한 백천우 등 (2009)의 연구에서는 다수의 경우의 수가 존재하는 의사결정모형의 해를 찾기 위해 유전자알고리즘과 같은 최적화 기법을 적용하였다. 그림 4는 안태진 등 (2008) 및 백천우 등 (2009)의 연구에서 강변저류지의 최적위치와 최적월류고 등을 결정하기 위해 사용한 모형의 흐름도를 나타내고 있다.

또한 이들 연구에서는 유역내에 위치하는 도시지역, 상습침수구역 등과 같이 토지이용현황, 과거 침수피해현황 등을 고려하여 홍수저감을 목표로 하는 지점인 “홍수저감목표지점”의 개념을 제안하였으며, 최적위치 및 규모선정을 위한 적합도 함수를 다음 식 (2) 및 (3)과 같이 제안하였다.

$$\text{Maximize } B = \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

$$\text{Maximize } B = x_{outlet} \quad (3)$$

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

식 (2) 및 (3)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.

### 3.3 강변저류지군의 홍수조절효과 개선방안

본 연구에서는 민감도 분석을 통한 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법을 제안하고자 하며, 그림 5는 본 연구에서 제안한 기법의 흐름도를 나타내고 있다. 우선 대상유역 내에서 강변저류지 설치가 가능한 후보지를 결정하고, 최대 저류용량, 월류고, 월류폭, 수위-유량곡선 등과 같은 각 후보지의 제원을 결정한다. 다음은 설계빈도 홍수사상에 대하여 강변저

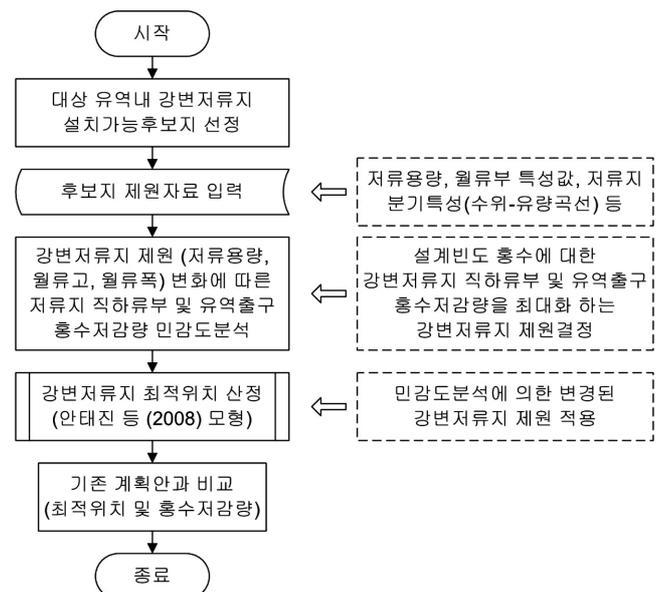


그림 5. 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법 흐름도

류지 제원 변화에 따른 직하류부 및 유역출구 홍수저감량 민감도 분석을 실시하고, 민감도분석 결과를 이용하여 유역출구에서의 홍수저감량이 최대가 되게 하는 강변저류지 제원을 결정한다. 강변저류지의 제원을 결정하는 기준은 다음과 같다. 저류용량, 월류고 및 월류폭 모두 유역출구 홍수저감량을 증가시키는 방향으로 결정하되, 최초 계획한 값을 기준으로 정해진 상·하한치 범위 내에서 조정한다. 또한 저류용량은 유역출구 홍수저감량 증가가 미비할 경우 용량조정을 하지 않는다.

또한 본 연구에서는 홍수저감량 산정을 위해 HEC-HMS에서 사용되는 수문학적 홍수추적 함수를 직접 코딩하여 이용한 안태진 등 (2008), 백천우 등 (2009) 등의 연구에서 같이, 수문학적 홍수추적 방법을 이용하여 홍수량을 산정하였다. 다음은 기존에 개발된 강변저류지 최적위치결정 모형 (안태진 등, 2008)과 강변저류지 직하류부와 유역출구에서의 홍수저감량이 최대가 되게 하는 제원을 각각 이용하여 대상후보지 중 최적의 위치를 결정한다. 결정된 최적위치와 홍수저감량을 기존 계획안과 비교하여, 제안된 기법의 적용성을 검토한다.

#### 4. 적용 및 결과

##### 4.1 대상유역

본 연구에서는 제안된 강변저류지의 홍수저감효과 개선방안을 안성천 유역에 적용하여 제안된 기법의 적용성을 검토하였다. 안성천 유역의 면적은 1,658 km<sup>2</sup>이며, 유로연장은 59.51 km(103개 하천)로, 북동쪽으로는 한강유역, 남동쪽으로는 금강유역, 남서쪽으로는 삼교천 유역과 접하고 있다. “안성천수계 유역종합치수계획(건설교통부, 2007)”에서는 홍수조절을 목적으로 13개 강변저류지 후보지역을 설정하여, 각 후보지의 홍수조절효과를 분석하였다. 그림 6과 표 2는 “안성천수계 유역종합치수계획(건설교통부, 2007)”에서 계획한 강

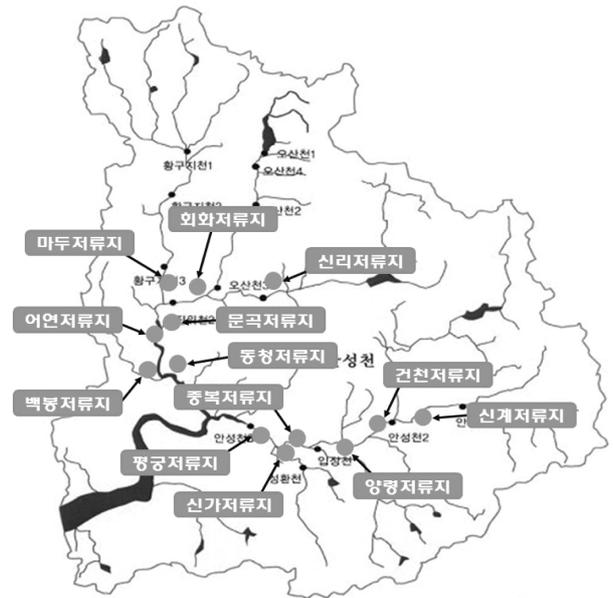


그림 6. 강변저류지 현황

변저류지 후보지 현황과 각 후보 저류지의 제원을 나타내고 있다.

##### 4.2 적용 및 결과

###### 4.2.1 강변저류지 제원변화에 따른 민감도 분석

본 연구에서는 저류용량, 월류고 및 월류폭의 세 가지 인자를 이용하여 강변저류지 제원변화에 따른 홍수저감량 민감도 분석을 실시하였다. 저류용량은 기존의 “안성천수계 유역종합치수계획(건설교통부, 2007)” 계획한 용량을 기준으로 ±20%까지 5%간격으로 저류용량을 변화시켜가며 민감도 분석을 수행하였으며, 마찬가지로 월류고와 월류폭은 유역종합치수계획에서 계획한 제원을 기준으로 각각 0.1 m (월류고)와 5 m(월류폭) 간격으로 ±0.3 m (월류고), ±20 m (월류폭)까지 변화시키며 민감도 분석을 수행하였다. 표 3~8은 민감도분석

표 2. 안성천유역 강변저류지 제원

강변저류지 ID	강변저류지명	저류지면적 (km <sup>2</sup> )	저류용량 (m <sup>3</sup> )	월류고 (m)	월류웨어폭 (m)	수위-유량 관계곡선식
W1	평구	0.21	575,000	6.50	30	$H = 0.411 \times Q^{0.379}$
W2	신가	1.64	2,784,000	7.60	75	$H = 1.605 \times Q^{0.222}$
W3	중복	2.06	3,543,000	8.50	75	$H = 2.518 \times Q^{0.183}$
W4	양령	0.77	1,362,000	10.49	100	$H = 3.818 \times Q^{0.147}$
W5	건천	0.99	1,060,000	12.70	75	$H = 6.060 \times Q^{0.109}$
W6	신계	0.67	297,000	14.30	100	$H = 6.613 \times Q^{0.106}$
W7	동청	1.02	4,151,000	5.50	50	$H = 0.136 \times Q^{0.498}$
W8	백봉	0.56	2,240,000	5.50	30	$H = 0.151 \times Q^{0.487}$
W9	어연	1.05	4,662,000	6.00	70	$H = 0.203 \times Q^{0.457}$
W10	문곡	1.56	7,909,000	7.00	200	$H = 0.284 \times Q^{0.422}$
W11	회화	1.47	3,293,000	9.00	70	$H = 1.439 \times Q^{0.254}$
W12	신리	1.30	2,015,000	13.60	70	$H = 8.321 \times Q^{0.074}$
W13	마두	2.20	8,976,000	7.70	70	$H = 0.642 \times Q^{0.377}$

표 3. 저류용량 변화에 따른 강변저류지 직하류부 홍수저감량 변화

저류용량 변화	강변저류지 직하류부 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /sec)												
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13
-20%	0.0	112.4	49.4	19.4	14.2	7.2	67.4	20.0	78.6	143.2	84.2	16.1	244.5
-15%	0.0	112.4	69.4	38.3	19.3	7.2	125.1	24.1	131.7	170.9	84.2	16.1	244.5
-10%	0.0	112.4	118.6	57.3	34.0	7.2	182.7	55.2	131.7	170.9	84.2	16.1	340.6
-5%	0.0	112.4	162.8	76.2	48.7	7.2	188.8	86.3	137.0	170.9	84.2	16.1	351.3
0%	0.0	112.4	168.4	83.4	63.5	7.2	211.4	117.4	201.7	258.1	84.2	16.1	351.3
5%	4.3	112.4	168.8	83.4	64.8	7.2	211.4	129.6	253.8	367.9	84.2	16.1	351.3
10%	12.3	112.4	168.8	83.4	64.8	7.2	211.4	129.6	253.8	377.7	84.2	16.1	351.3
15%	20.3	112.4	168.8	83.4	64.8	7.2	211.4	129.6	253.8	389.6	84.2	16.1	351.3
20%	28.2	112.4	168.8	83.4	64.8	7.2	211.4	129.6	253.8	473.8	84.2	16.1	351.3

표 4. 저류용량 변화에 따른 유역출구 홍수저감량 변화

저류용량 변화	유역출구 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /sec)												
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13
-20%	0.4	59.1	33.2	19.4	16.8	3.9	135.2	80.1	153.7	238.9	25.6	2.1	260.5
-15%	0.4	68.4	42.7	24.1	19.9	3.9	135.8	82.0	155.1	241.3	25.6	2.1	263.0
-10%	0.5	76.9	54.8	28.7	23.7	3.9	136.4	82.6	156.5	243.7	25.6	2.1	264.2
-5%	0.6	83.7	65.3	33.4	27.4	3.9	137.0	83.3	157.7	246.1	25.6	2.1	264.9
0%	0.6	88.4	73.6	38.0	31.2	3.9	137.2	83.9	158.0	247.1	25.6	2.1	265.1
5%	0.9	90.4	85.7	42.7	34.9	3.9	137.3	84.6	158.3	247.7	25.6	2.1	265.2
10%	1.3	90.6	97.8	47.4	38.2	3.9	137.4	84.7	158.6	248.3	25.6	2.1	265.2
15%	1.7	90.6	109.9	52.0	41.5	3.9	137.4	84.9	158.8	248.8	25.6	2.1	265.2
20%	2.2	90.6	122.1	56.4	44.8	3.9	137.4	85.0	158.8	248.9	25.6	2.1	265.2

표 5. 월류고 변화에 따른 강변저류지 직하류부 홍수저감량 변화

월류고 변화	강변저류지 직하류부 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /sec)												
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13
-0.3 m	0.0	101.1	49.4	0.0	0.0	0.0	68.5	20.0	56.3	36.6	122.6	40.8	244.5
-0.2 m	0.0	141.1	49.4	14.8	14.2	24.2	147.4	29.2	131.7	167.1	109.3	31.8	298.6
-0.1 m	0.0	126.5	120.5	21.3	14.2	14.9	188.8	74.1	131.7	170.9	96.4	23.5	370.8
0.0 m	0.0	112.4	168.4	83.4	63.5	7.2	211.4	117.4	201.7	258.1	84.2	16.1	351.3
0.1 m	17.0	98.9	153.2	68.7	53.7	1.7	198.6	121.8	236.7	377.7	72.5	9.8	332.2
0.2 m	30.6	86.0	138.2	55.0	43.3	0.0	186.0	114.2	220.1	390.7	61.4	4.5	313.5
0.3 m	38.8	73.6	123.7	42.4	10.2	0.0	173.7	106.7	203.8	351.2	51.0	0.9	295.1

표 6. 월류고 변화에 따른 유역출구 홍수저감량 변화

월류고 변화	강변저류지 직하류부 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /sec)												
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13
-0.3 m	0.3	45.7	27.0	6.7	6.6	6.4	168.9	99.5	196.4	325.0	45.0	9.2	314.1
-0.2 m	0.4	64.0	40.3	13.7	11.9	11.8	158.2	95.3	183.6	300.1	38.0	6.2	293.2
-0.1 m	0.5	80.9	58.9	23.4	20.3	9.4	147.8	89.5	171.2	274.7	31.6	3.8	281.9
0.0 m	0.6	88.3	73.6	38.0	31.2	3.9	137.2	83.9	158.0	247.1	25.6	2.1	265.1
0.1 m	1.5	78.2	96.6	49.0	39.5	0.6	126.6	78.2	144.7	218.6	20.4	0.9	248.4
0.2 m	2.5	66.5	108.6	42.0	35.1	0.0	116.3	72.1	131.6	191.4	16.1	0.3	232.0
0.3 m	4.3	55.4	101.7	30.9	6.4	0.0	106.2	66.2	118.8	165.2	12.2	0.0	216.0

표 7. 월류폭 변화에 따른 강변저류지 직하류부 홍수저감량 변화

월류폭 변화	강변저류지 직하류부 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /sec)												
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13
-20.0 m	21.3	82.4	123.8	66.7	47.6	5.8	126.9	43.2	181.3	377.7	60.1	11.5	251.0
-15.0 m	32.0	89.9	135.0	70.9	51.9	6.1	148.0	64.8	199.4	377.7	66.2	12.7	276.1
-10.0 m	38.7	97.4	146.3	75.0	56.2	6.5	169.2	86.4	217.6	363.6	72.2	13.8	301.1
-5.0 m	23.5	104.9	157.5	79.2	60.5	6.9	190.3	108.0	235.7	310.8	78.2	15.0	326.2
0.0 m	0.0	112.4	168.4	83.4	63.5	7.2	211.4	117.4	201.7	258.1	84.2	16.1	351.3
5.0 m	0.0	119.9	162.6	80.2	47.1	7.6	188.8	29.9	131.7	205.3	90.2	17.3	373.8
10.0 m	0.0	127.4	108.1	65.3	30.8	7.9	117.2	20.0	131.7	170.9	96.2	18.5	283.1
15.0 m	0.0	134.9	53.7	50.4	14.4	8.3	49.0	20.0	128.9	170.9	102.3	19.6	244.5
20.0 m	0.0	142.4	49.4	35.5	14.2	8.7	49.0	0.0	59.3	170.9	108.3	20.8	235.5

표 8. 월류폭 변화에 따른 유역출구 홍수저감량 변화

월류폭 변화	유역출구 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /sec)												
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13
-20.0 m	15.3	66.5	104.1	47.7	38.5	3.1	82.5	28.4	113.5	223.6	18.3	1.5	189.5
-15.0 m	11.1	72.5	105.2	46.3	38.3	3.3	96.2	42.6	124.8	229.4	20.1	1.6	208.4
-10.0 m	4.1	78.6	100.2	43.6	36.2	3.5	109.9	56.8	136.1	235.3	22.0	1.8	227.3
-5.0 m	1.8	84.6	87.2	40.8	33.9	3.7	123.7	70.8	147.1	241.2	23.8	1.9	246.3
0.0 m	0.6	88.3	73.6	38.0	31.2	3.9	137.2	83.9	158.0	247.1	25.6	2.1	265.1
5.0 m	0.5	88.0	65.3	35.3	28.2	4.1	150.2	95.7	168.6	252.9	27.5	2.2	283.6
10.0 m	0.4	83.7	57.3	32.5	25.3	4.3	162.8	104.0	178.0	258.5	29.3	2.4	301.5
15.0 m	0.3	78.6	46.4	29.8	22.4	4.5	174.6	111.9	187.5	263.2	31.1	2.5	317.8
20.0 m	0.3	72.0	39.9	27.0	20.5	4.7	184.2	116.8	196.9	267.0	33.0	2.7	333.5

결과를 나타내고 있다.

표 3~8에 나타난 것과 같이, 강변저류지의 저류용량, 월류고 및 월류폭 변화에 따라 저류지 직하류부와 유역출구에서의 홍수저감량은 다양한 변화를 나타내고 있다. 일반적으로 강변저류지의 저류용량이 커질수록 홍수저감효과 증가를 기대할 수 있다. 하지만 표 3의 신가(W2), 중북(W3), 양령(W4), 건천(W5), 신계(W6), 동청(W7), 백봉(W8), 어연(W9), 회화(W11), 신리(W12), 마두(W13) 저류지와 표 4의 신가(W2), 신계(W6), 동청(W7), 어연(W9), 회화(W11), 신리(W12), 마두(W13) 저류지의 경우, 저류용량의 증가에도 불구하고 직하류부와 유역출구 홍수저감효과가 동일하게 산정되는 현상을 나타내고 있다. 특히 신가(W2), 신계(W6), 회화(W11) 및 신리(W12) 저류지의 경우, 저류용량의 감소에도 불구하고 직하류부 홍수저감효과가 동일하게 산정된다. 이와 같은 결과가 산정되는 이유는 월류고와 월류폭에 의해 결정되는 저류지로의 분기유량이 상대적으로 작아서 저류용량과 상관없이 동일한 홍수저감효과를 나타내기 때문으로 판단된다. 실제 이들 네 개 저류지는 표 5와 표 7에 나타난 것과 같이 월류고와 월류폭 변화에 의한 직하류부 홍수저감량이 크게 변하고 있으며, 즉 이들 저류지는 월류고와 월류폭을 변화시켜 기존의 유량분기능력을 향상시킬 경우 보다 높은 홍수저감효과를 기대할 수 있는 저류지에 해당한다.

하천주위의 홍수터 등을 활용하는 강변저류지는 저류용량

에 제약이 있으며, 표 3과 4에서 비교한 것과 같이 저류용량을 증가시키는 것이 불가능한 경우가 많이 발생한다. 따라서 저류용량을 증가시켜 홍수조절효과를 기대하는 것 이외의 방안을 필요로 하게 된다. 강변저류지의 직접적인 홍수저감효과에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 저류용량이지만, 월류고와 월류폭 또한 중요한 인자로 이들 두 인자는 강변저류지 홍수저감효과와의 시작과 종료시점의 결정에 중요한 역할을 한다. 표 5~8의 결과를 보면, 신계(W6), 회화(W11) 및 신리(W12) 저류지 등과 같이 월류고와 월류폭의 증가 혹은 감소가 직하류부와 유역출구부의 홍수조절효과를 동시에 증가시키는 경우도 있으며, 반면에 문곡(W10) 저류지와 같이 직하류부의 홍수조절효과는 증가되나 유역출구에서의 홍수조절효과는 감소하는 경우도 발생한다. 따라서 강변저류지 제원변경이 직하류부와 유역출구의 홍수조절효과에 있어서 상반된 결과를 보일 때, 직하류부와 유역출구 중 어느 곳에 홍수조절효과 증대를 목표로 할 것인지 결정해야 한다. 특정지점의 홍수저감효과를 위해 대상지점의 직상류부에 주로 설치하는 retention pond 및 detention pond와 달리 강변저류지는 특정 대상지점의 직상류부에 설치가 불가능할 수도 있다. 따라서 강변저류지 통과이후 발생하는 중첩효과 등을 고려할 경우, 직하류부보다는 유역출구에서 발생하는 홍수저감효과를 목표로 하는 것이 보다 효율적인 것이며, 또한 이는 본 연구에서 사용한 '유역출구에서의 홍수저감효과는 유역전반의 홍수저감

표 9. 민감도 분석에 의한 강변저류지 최종제원

강변 저류지 ID	저류용량 (m <sup>3</sup> )			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

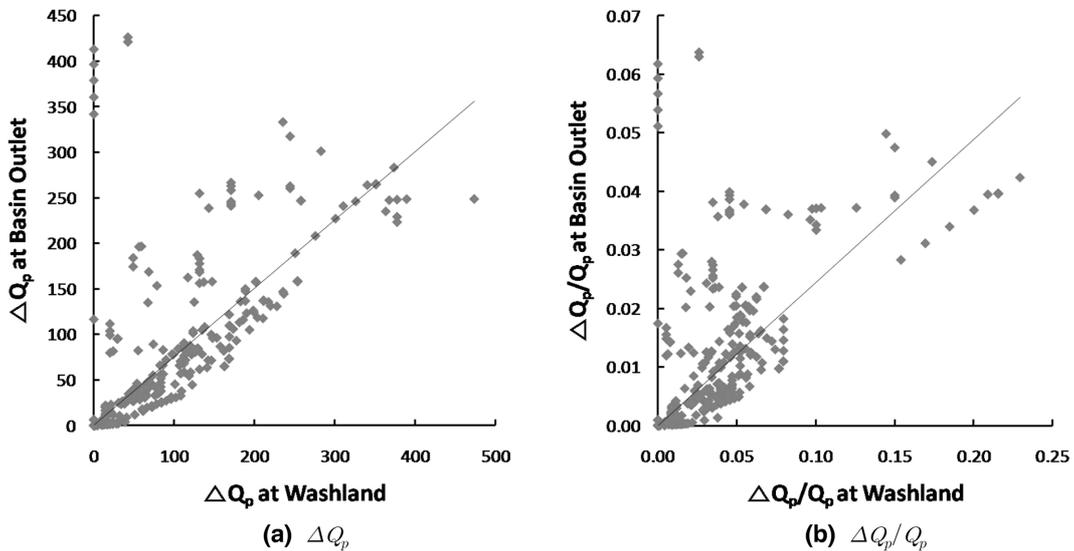


그림 7. 강변저류지 직하류부 및 유역출구 침투홍수량감소 상관도 분석

효과를 대표할 수 있다라는 전제조건과도 부합된다고 판단된다.

강변저류지 제원변경에 따른 민감도분석 결과에서 나타나는 다양한 사항을 고려하여 최종적인 강변저류지 제원을 결정해 보았으며, 제원결정을 위해 사용한 기준은 다음과 같다. 저류용량, 월류고 및 월류폭 모두 유역출구 홍수저감량을 증가시키는 방향으로 조정하되, “안성천수계 유역종합치수계획(건설교통부, 2007)”에서 계획한 값을 기준으로, 저류용량은 최대 10%까지, 월류고와 월류폭은 각각 ±0.2m와 ±10m까지 조정한다. 또한 저류용량은 유역출구 홍수저감량 증가가 미비할 경우 용량조정을 하지 않는다. 표 9는 본 연구에서 최종 선정한 강변저류지의 제원을 나타내고 있다.

본 연구에서는 민감도분석 결과를 강변저류지 홍수저감효과 향상에 사용하기 위한 전제조건의 하나로 ‘유역출구에서의 홍수저감효과는 유역전반의 홍수저감효과를 대표할 수 있

다를 사용하였고, 이와 같은 전제조건에 타당성을 검토하기 위해 각 저류지별 저류용량, 월류고 및 월류폭 변화에 따른 강변저류지 직하류부와 유역출구에서의 홍수저감량 변화를 그림 7에 나타내었다. 그림 7에 나타난 것과 같이, 강변저류지 직하류부에서는 침투홍수량감소가 없지만 유역출구에서는 침투홍수감소가 발생하는 경우도 있지만, 대부분 강변저류지 직하류부 침투홍수량감소와 유역출구 침투홍수량감소는 선형은 아니지만 상호간에 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 따라서 각각의 강변저류지 위치를 유역을 대표하는 지점이라고 볼 때, ‘유역출구에서의 홍수저감효과는 유역전반의 홍수저감효과를 대표할 수 있다라는 전제조건은 충분히 타당하다고 볼 수 있다. 즉 강변저류지군의 최적위치 결정을 위해 유역전반에 걸친 홍수저감효과를 동시에 고려하는 불가능할 경우, 유역출구에서의 홍수저감효과가 유역전반의 홍수저감효과를 나타내는 기준으로 활용하는 것이 가능하다고 판단된다.

#### 4.2.2 강변저류지 최적위치 선정

표 9에 나타난 것과 같이 최종적으로 선정된 강변저류지의 제원을 이용하여 저류지 설치 수에 따른 최적위치를 선정하였으며, 최적위치 선정에 사용된 모형은 수문학적 접근방법과 유전자 알고리즘을 이용한 안태진 등 (2008)의 모형이다. 안태진 등 (2008)은 ‘안성천유역종합치수계획 (건설교통부, 2007)’에서 결정한 13개 후보저류지를 대상으로 설치하는 저류지수에 따른 최적위치를 결정하였으며, 백천우 등 (2009)은 안태진 등 (2008)의 모형을 보완하여 최적위치와 월류고를 동시에 결정하는 모형을 개발하였다. 본 연구에서는 기존연구 결과와의 비교를 위해 유역출구에서의 홍수저감량을 최대로 하는 최적조합을 결정하는 식 (3)을 목적함수로 이용하여 강변저류지의 최적위치를 선정해 보았다. 표 10은 동일 대상유역인 안성천 유역의 대상으로 안태진 등 (2008)과 백천우 등 (2009)의 모형적용결과와 본 연구의 결과를 비교해 나타내고 있다.

전술한 바와 같이 소규모 저류지군의 최적설계를 수행할 경우 전체 저류지군을 네트워크로 간주하고 각각의 저류지군이 조합에 의해 발생하는 홍수저감효과를 고려해야 하지만, 표 9에서 결정한 각각 저류지의 제원은 저류지군을 네트워크로 고려하여 결정한 최적제원이 아니라 각각 저류지별 민감도 분석에 의해 결정한 제원이다. 따라서 표 10에 비교한 세 가지 모형의 적용결과 중에는 최적위치와 월류고를 동시에 고려한 백천우 등 (2009)의 모형 적용결과가 유역출구 홍수저감효과 면에서 가장 효율적인 결과를 줄 것으로 예상할 수 있다. 하지만, 설치 수가 7개 이하인 경우의 유역출구 홍수저

감량은 본 연구의 결과가 가장 크게 산정되고 있다. 금회 적용한 강변저류지 제원 중, 저류용량은 기존의 유역종합치수계획상의 저류용량과 대부분 동일한 값을 사용하였으며, W3, W4 및 W5의 경우에만 10% 증가한 저류용량을 적용하였다. 다만 본 연구에서는 저류용량 변화뿐만 아니라, 월류고와 월류폭의 변화에 따른 유역출구 홍수저감효과도 모두 고려하였다. 저류용량에 거의 차이가 없다는 것을 감안할 때, 유역출구의 홍수저감량에 대한 기본적인 민감도분석 결과를 이용하였음에도 불구하고 유역출구에서 홍수저감효과가 더 크다는 것은, 기존의 연구와 달리 본 연구에서 추가적으로 고려한 월류폭 변화도 홍수저감효과 산정에 있어서 중요한 인자로 고려할 대상임을 의미한다. 또한 백천우 등 (2009)의 연구에서와 같이 결정변수의 수가 증가하면, 경우의 수가 무한정 증가할 수 있으며, 이를 고려하기 위해서는 최적화 기법 등의 적용이 필요하게 된다. 하지만 본 연구에서와 같이 최적화 기법의 적용에 앞서 결정변수에 대한 민감도 분석만으로도 보다 효율적인 홍수저감효과를 제공하는 강변저류지의 제원을 결정할 수 있었다. 따라서, 본 연구에서 제안한 방법은 강변저류지의 홍수저감효과 개선을 위한 방안으로 활용이 가능한 것으로 판단된다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 저류용량, 월류고, 월류폭 등과 같은 강변저류지 제원에 대한 민감도 분석을 통한 강변저류지군의 홍수저감효과 개선기법을 제안하였다. 제안된 기법은 설계빈도 홍

표 10. 강변저류지 설치 수에 따른 최적위치 선정결과 비교

설치 저류지 수	안태진 등 (2008)		백천우 등 (2009)		금회선정	
	최적위치	유역출구 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /sec)	최적위치	유역출구 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /sec)	최적위치	유역출구 홍수저감량 (m <sup>3</sup> /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

수시상에 대하여 강변저류지 제원 변화에 따른 직하류부 및 유역출구 홍수저감량 민감도 분석을 실시하고, 민감도분석 결과를 이용하여 유역출구에서의 홍수저감량이 최대가 되게 하는 강변저류지 제원을 결정한다. 제안된 기법을 안성천 유역에 적용하여 적용성을 검토하였으며, 기존의 연구결과와 본 연구에서 제안한 기법의 결과를 비교분석하였다.

- 1) “안성천유역종합치수계획(건설교통부, 2007)”에서 계획한 13개 강변저류지를 대상으로 저류용량, 월류고 및 월류폭을 변화시키며 민감도 분석을 수행하였다. 그 결과 저류용량 이외에도 강변저류지의 월류고와 월류폭 변화를 통해 보다 향상된 홍수저감효과를 기대할 수 있는 것으로 판단되었다.
- 2) 민감도분석 결과를 고려하여 최종적인 강변저류지 제원을 결정하였으며, 결정된 제원을 이용하여 13개 저류지에 대한 최적위치를 결정하였다. 산정된 결과를 기존의 연구결과와 비교하였으며, 그 결과 본 연구에서 제안한 기법을 이용하여 효율적인 홍수저감효과를 제공하는 강변저류지의 제원을 결정할 수 있었다. 즉 본 연구에서 제안한 방법은 강변저류지의 홍수저감효과 개선을 위한 방안으로 활용이 가능한 것으로 판단된다.

### 감사의 글

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

### 참고문헌

강수만, 박민지, 김상호, 김성준 (2007) 홍수범람모형을 이용한 침수피해 저감방안 연구 : 진위천 하천구간을 대상으로. **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제27권, 제6B호, pp.583-590.

곽재원, 김덕길, 윤선화, 김형수 (2008) 다차원법을 이용한 천변저류지의 홍수조절 효과분석. **한국습지학회지**, 한국습지학회, 제10권, 제3호, pp.69-78.

건설교통부 (2005) 천변저류지 기본계획 수립에 관한 연구, 건설교통부.

건설교통부 (2007) 안성천수계 유역종합치수계획, 건설교통부.

백천우, 김복천, 안태진 (2009) 월류부특성변화에 따른 천변저류지군의 홍수저감효과분석. **한국방재학회 논문집**, 한국방재학회, 제9권, 제1호, pp.145-150.

백천우, 안태진 (2009) 설계빈도를 고려한 천변저류지 최적위치 선정. **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제42권, 제7호, pp.559-569.

안태진, 강인용, 백천우 (2008) 수문학적 홍수저감효과 기반의 천변저류지 최적위치 선정을 위한 의사결정모형의 개발. **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제41권, 제7호, pp.725-735.

Anrold, J.G., Allen, P.M. and Morgan, D.S. (2001) Hydrologic Model for Design and Constructed Wetlands. *Wetland*, Vol. 21, No. 2, pp.167-178.

David, P. and Ronald H.F. (1992) *Management of the Aire and Calder Washlands- Performance Evaluation and Optimisation by Numerical Modelling, Floods and Flood Management: Edited by Saul A.J.*, Kluwer Academic Publishers.

English Nature (2004) *Integrated Washland management for Flood Defence and Biodiversity*. Research No. 598.

Hammer, B.E. (1989) *Constructed Wetlands for Waste-Water Treatment*, Lewis Publishers, Chelsea, MI, USA.

Kadlec, R.H. and Knight, R.L. (1996) *Treatment Wetlands*. CRC, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.

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.

Kusler, J.A. and Kentula, H.E. (1996) *Wetland Restoration and Creation: The Status of the Science*. Island Press, Washington, DC, USA.

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.

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.

Yeh, C.H., and Labadie, J.W. (1997) Multiobjective Watershed-Level Planning of Storm Water Detention Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 123, No. 6, pp.336-343.

© 논문접수일 : 10년 03월 18일  
 © 심사의뢰일 : 10년 03월 22일  
 © 심사완료일 : 10년 04월 03일