

# 수리실험을 이용한 강변저류지의 홍수조절효과 분석

김 덕 길\* / 이 임 열\*\* / 이 창 원\*\*\* / 강 나 래\*\*\*\* / 이 종 소\*\*\*\*\* / 김 형 수\*\*\*\*\*+

## Analysis of Flood Reduction Effect of Washland using Hydraulic Experiment

Kim, Duck Gil\* / Lee, Lim Yeol\*\* / Lee, Chang Won\*\*\* / Kang, Na Rae\*\*\*\* /

Lee, Jong So\*\*\*\*\* / Kim, Hung Soo\*\*\*\*\*+

**요약** : 최근에 홍수조절 기능으로써 강변저류지 조성에 대한 관심이 증가하고 있다. 따라서 본 연구에서는 수리 실험을 이용한 강변저류지의 홍수조절효과를 분석하였다. 강변저류지의 홍수조절효과를 분석하기 위해 개수로 실험장치를 이용하였으며, 측방구조물로는 횡월류 위어를 이용하였다. 수리실험 결과 횡월류 위어 설치 지점을 기준으로 평균유속과 유량이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 수리실험 결과의 검토를 위해 HEC-RAS 모형을 이용하여 실험결과와 모형의 모의 결과를 비교하였다. 그 결과 수리실험 결과와 모형의 모의 결과가 유사한 것으로 분석되었다.

**핵심용어** : 강변저류지, 수리실험, HEC-RAS 모형

**Abstract** : Recently, we have a growing interest in the washland construction for the function of flood control. Therefore this study analyzed flood reduction effect of washland using hydraulic experiment. We used open-channel unit for flood reduction effect of washland. And we used side weir to lateral structure. The result of hydraulic experiment showed a decrease of the average velocity and discharge according to the installation location of side weir. Also, we compared the results of HEC-RAS model and hydraulic experiment for the review of the result of hydraulic experiment. As the result, hydraulic experiment and HEC-RAS model have showed the similar results.

**Keywords** : Washland, Hydraulic Experiment, HEC-RAS model

### 1. 서 론

국내의 기후특성상 연 총강수량은 장마철에 집중되어 발생하며, 이는 하천의 범람을 유발한다. 특히 최근에 발생되고 있는 기후변화로 인해 과거의 강우 패턴과는 다른 예측하기 어려운 집중호우의 발생 빈도가 증가하고 있는 추세이다. 이러한 현상은 하천의 수위를 상승시켜 범람을 유발시키며 이는 하천 주변에 많은 침수 피해를

일으킨다. 하천의 범람으로 인해 발생하는 침수 피해를 저감시키기 위해 다양한 대안들이 제시되고 있으며, 그 중에서 최근에 활발한 연구가 진행되고 있는 대안 중 하나가 강변저류지 조성 방안으로 다양한 측면에서 강변저류지 조성계획 및 기준 등에 대한 연구가 수행되고 있다. 대표적인 예로 전승훈 등(2008)은 천변저류지의 홍수조절 목적 및 생태공원 조성 목적을 위한 저류지 조성 계획을 제시한 바가 있다.

+ Corresponding author : sookim@inha.ac.kr

\* 정희원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 박사과정 · E-mail: k1004dk@hanmail.net

\*\* 정희원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 석사과정 · E-mail: air1034@hanmail.net

\*\*\* 정희원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 석사과정 · E-mail: lcw120@nate.com

\*\*\*\* 정희원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 석사과정 · E-mail: naraeme@naver.com

\*\*\*\*\* 정희원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 석사과정 · E-mail: stynrehero@naver.com

\*\*\*\*\* 정희원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 교수 · E-mail: sookim@inha.ac.kr

강변저류지 조성 방안을 수립하기 위해 강변저류지의 홍수조절효과 분석에 관련된 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구들의 국내·외 연구사례는 대부분 수리 및 수문모형을 이용하여 대상 강변저류지의 홍수조절효과를 모의하는 내용으로 수행되고 있으며, 강변저류지와 관련된 수리실험 연구사례는 주로 강변저류지와 하도를 연결해주는 수공구조물인 횡월류 위어를 이용한 내용들이다. 횡월류 위어에 대한 수리실험은 국내·외에서 다양하게 수행되었으며, 이들 실험 대부분은 위어에 대한 유량계수를 산정하기 위해 수행된 것들이다. 최근에 수행된 대표적인 국내 사례를 살펴보면, 김지호 등(2004)은 off-line 저류지의 횡월류 위어의 특성과 기존의 유량계수공식의 특성에 대한 차이점을 실험을 통해 분석하였고, 윤영배와 조홍제(2011)는 천변저류지 등의 유입부에 설치되는 횡월류 위어의 정확한 월류량 산정을 위한 유량계수를 산정하였다. 그리고 이동섭과 김창완(2008)은 수리실험을 통해 새로운 예언횡월류 위어의 유량계수 산정식을 제안하였으며, 임장혁 등(2009)은 수리실험을 통해 경사 위어의 수리특성을 분석하고 설계조건을 다양하게 고려할 수 있는 유량계수식을 제시하였다. 그리고 경제성 분석을 통한 강변저류지의 홍수조절효과를 분석한 연구도 있다(곽재원 등, 2008). 국외의 경우 이러한 연구는 과거에 많이 진행되었으며, 대표적인 연구사례를 살펴보면, Williams 등(1993)은 수리실험을 통해

긴 마루를 가진 위어의 형태별 유량계수를 산정하였으며, Lee와 Holley(2002)는 수리실험을 통해 광정 횡월류 위어의 유량계수와 위어를 통한 월류량 계산 방법을 제시하였다. 이처럼 강변저류지와 관련된 수리실험 연구는 대부분 횡월류 위어에 대한 유량계수 및 월류량 산정 방법을 제시하는 내용으로 강변저류지의 홍수조절효과에 대한 수리실험 사례는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수리실험을 이용해 강변저류지의 홍수조절효과를 검토하기 위하여 개수로 실험장치를 이용하여 강변저류지의 홍수조절효과를 분석하고, 실험 결과를 HEC-RAS 모형을 이용해 모의한 결과를 비교함으로써 강변저류지의 홍수조절효과를 검토하고자 한다.

## 2. 강변저류지의 홍수저감효과 분석을 위한 수리실험

### 2.1 수리실험 장치

강변저류지의 홍수조절효과 검증 위해 개수로 수리실험 장치를 이용하여 홍수량 유입 모의실험을 실시하였다. 하도로부터 강변저류지의 홍수량 유입량을 분석하기 위하여 일반적인 개수로 실험장치와 달리 수로 측면에 횡월류 위어를 설치하였으며, 이 횡월류 위어를 통해 유출되는 유량을 측정함으로써 강변저류지로의 유입량을 분석하였다.



그림 1. 설치된 개수로 실험장치



그림 2. 주수로에 설치된 횡월류 위어

개수로 수리실험 장치는 하천의 역할을 하는 주수로와 위어를 통해 유입되는 유량을 측정하기 위해 설치된 보조수로, 그리고 주수로에서 강변저류지로 유입되는 홍수량을 측정하기 위한 횡월류 위어로 구성하였다. 주수로 폭은 30cm이고 총 연장은 6m로 설치하였으며, 펌프를 이용하여 수로의 상류부에서 유량을 방류하는 구조로 되어 있다. 주수로의 유출구(하류부)는 수로내 유량 조절이 가능하도록 게이트를 설치하였다.

강변저류지로의 유입되는 홍수량을 측정하기 위한 횡월류 위어는 주수로 측면에 설치하였고, 설치위치는 주수로 상류부로부터 1.25m 떨어진 지점이며, 횡월류 위어의 규격은 높이 30cm, 폭 50cm 이다. 횡월류 위어의 설치 모습은 그림 2와 같다. 횡월류 위어를 통해 방류되는 유량을 측정하는 한국표준협회에서 제공하고 있는 ‘KS 펌프 토출량 측정 방법(한국표준협회, 2001)’을 이용하였다. 펌프 토출량 측정방법에는 4가지(위어 이용, 조임 기구 이용, 계기 측정, 용기 측정) 방법이 있으며, 이들 중 본 연구에서는 위어를 이용한 측정 방법을 선택하였다. 위어를 이용한 측정방법은 다시 직각 3각 위어, 4각 위어, 전폭 위어로 구분되는데, 본 연구에서는 직각 3각 위어를 이용하였다. 직각 3각 위어의 규격은 아래 그림 3과 같다.

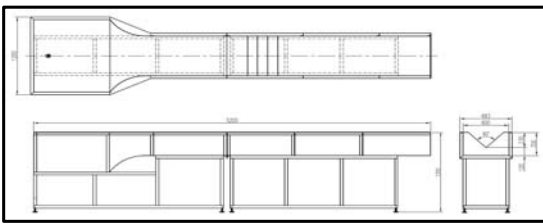


그림 3. 유출량 측정을 위한 직각 3각 위어 설계도

## 2.2 수리실험 방법

강변저류지의 홍수조절효과를 살펴보기 위한 수리실험은 2가지로 구분하여 수행하였다. 첫 번째는 횡월류 위어가 설치되지 않았을 경우를 고려한 실험이고, 두 번째는 횡월류 위어가 설치되었을 경우를 고려한 실험이다. 이 두 가지 경우에 대하여 수리실험 장치를 물을 흐르게 하였을 때의 주수로의 각 지점별 수위 및 유속을 측정하였으며, 횡월류 위어가 개방에 따른 유출량을 측정하였다.

횡월류 위어가 설치되었을 때와 설치되지 않았을 때 모두 수로 내 흐름이 안정화된 후 수로 내 유속과 수위를 측정하였다. 수위는 주수로를 13개의 지점으로 구분하여 측정하였으며, 유속은 수위 측정 단면을 다시 6개 지점으로 구분하여 총 78개 지점을 대상으로 측정하였다. 그림 4와 5는 수위 측정 지점과 각 단면에 대한 유속 측정 지점을 나타낸 것이다.

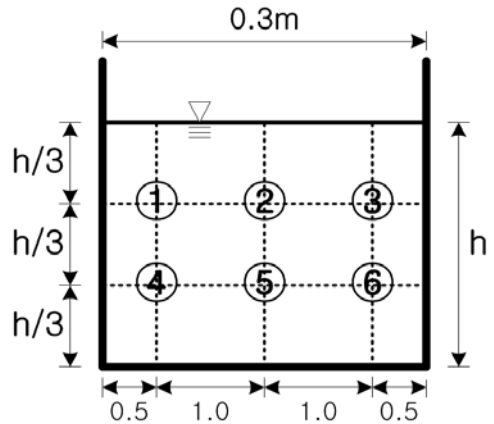


그림 5. 각 단면별 유속 측정 지점

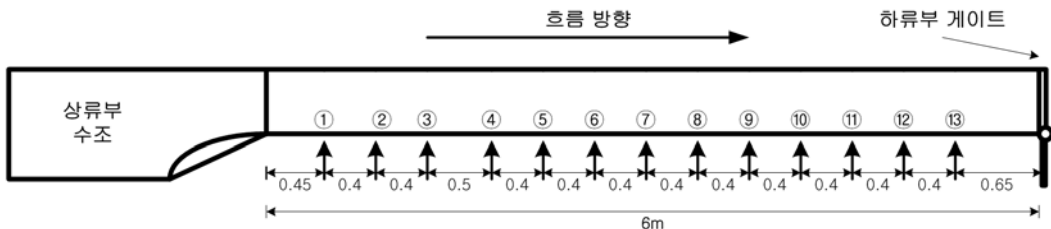


그림 4. 개수로 내 수위 측정 지점

횡월류 위어를 통해 유출되는 유량은 직각 3각 위어가 설치되어 있는 보조수로를 이용해 측정하였다. 직각 3각 위어를 이용한 유출량 산정은 KS 규격에서 제시하고 있는 유출량 산정식을 이용하였다. 직각 3각 위어를 이용한 유출량 산정식은 다음과 같다.

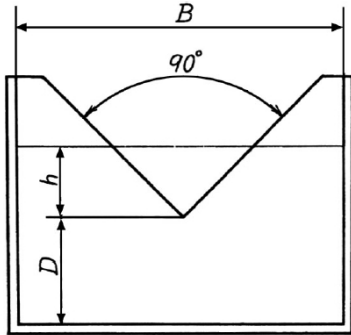


그림 6. 직각 3각 위어

$$Q = Kh^{\frac{5}{2}}$$

$$K = 81.2 + \frac{0.24}{h} + \left( 8.4 + \frac{12}{\sqrt{D}} \right) \left( \frac{h}{B} - 0.09 \right)^2$$

여기서,  $Q$ 는 유량( $m^3/min$ ),  $h$ 는 위어의 양정( $m$ ),  $K$ 는 유량계수,  $B$ 는 수로의 폭( $m$ ),  $D$ 는 수로 바닥면에서 노치점까지의 높이( $m$ )를 말한다. 위 산정식의 적용범위는  $B$ 가  $0.5 \sim 1.2m$ ,  $D$ 가  $0.1 \sim 1.75m$ ,  $H$ 가  $0.07 \sim 0.26m$ (또는  $h = B/3$  이하)일 때이다.

### 3. HEC-RAS 모형 구축

강변저류지의 홍수저감효과를 분석하기 위한 수리실험의 측정 결과를 검토하기 위해서 본 연구에서는 HEC-RAS 모형을 이용하였다. HEC-RAS 모형은 개수로 수리실험 장치의 실험 조건을 토대로 구축하였으며, 실제 수리실험 장치

의 제원이 작아 모형에 직접 적용하기 어려움이 있어 Froude 모형법칙을 이용하여 수리실험 조건을 HEC-RAS 모형에 적용시켰다. Froude 모형법칙을 적용한 수리실험 장치의 제원 아래 표 1과 같다.

표 1. Froude 모형법칙 적용시 제원

개수로 수리실험 장치 제원		Froude 모형법칙 적용시 제원	
수로 폭	0.3m	수로 폭	30.0m
수로 높이	0.3m	수로 높이	30.0m
수로 연장	6.0m	수로 연장	600.0m
위어 폭	0.5m	위어 폭	50.0m
위어 높이	0.104m	위어 높이	10.4m
유량	0.0194 $m^3/s$	유량	41.796 $m^3/s$
위어 월류량	0.0108 $m^3/s$	위어 월류량	23.268 $m^3/s$

Froude 모형법칙을 적용시킨 제원을 이용하여 수리실험 장치와 동일한 형태의 수로단면을 모형의 단면자료로 입력하여 모형을 구축하였다. 횡월류 위어는 Lateral Structure 기능을 이용하여 구성하였다. 그리고 수리실험 장치와는 달리 HEC-RAS모형 구축시 횡월류 위어를 통해 유출되는 유량이 유입될 수 있는 저류지를 조성하였다. 저류지는 모형의 Storage Area 기능으로 이용하여 생성하였으며, 저류지의 면적은  $10,000m^2$ 으로 설정하였다. 모형의 상류 경계조건으로는 Flow Hydrograph를 이용하였으며, 이는 수리실험시 방류된 유량에 Froude 모형법칙을 적용한 유량을 이용해 작성하여 모형에 적용하였다. 하류 경계조건은 Stage Hydrograph를 이용하였으며, 상류 경계조건과 마찬가지로 수리실험시 하류부에서 측정된 수위에 Froude 모형법칙을 적용한 자료를 모형에 적용하였다.

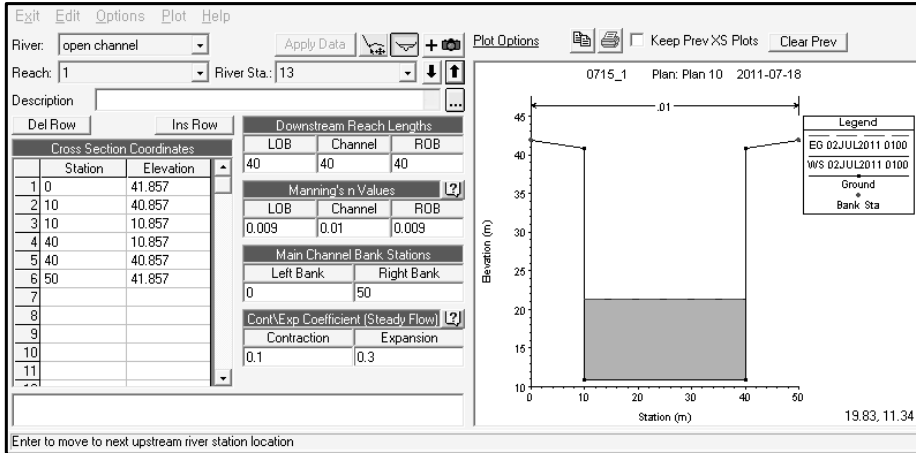


그림 7. HEC-RAS 모형의 단면자료 입력

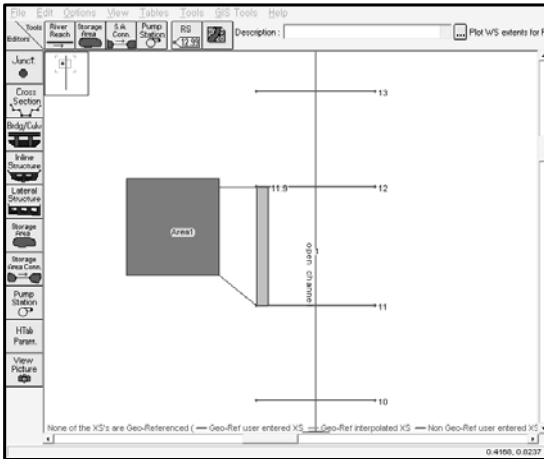


그림 8. HEC-RAS 모형의 위어 및 저류지 구성

#### 4. 수리실험 결과 및 분석

강변저류지의 홍수저감효과를 분석하기 위한

수리실험은 횡월류 위어를 개방하지 않았을 경우와 횡월류 위어를 개방하였을 경우로 나누어 실시하였으며, 위어 개방시 위어를 통해 유출되는 유량을 측정하였다. 횡월류 위어의 개방 범위는 34~174mm이며, 10mm 간격으로 위어의 개방 정도를 변화시켜 그에 따라 위어의 유출량, 수로 내 수위 및 유속을 측정하였다. 그 결과 횡월류 위어가 설치되어 있는 지점을 중심으로 유속과 유량이 감소하는 결과가 나타났다. 각 측정지점에 대한 평균유속 및 유량의 변화를 횡월류 위어의 높이별로 분석하였다. 대표적으로 위어의 하류부와 수로 하류부 지점에 대하여 평균유속과 유량 감소율을 나타내면 아래 표 2~3와 같으며, 측정 지점별 평균유속 및 유량은 그림 9와 같다. 여기서, 평균유속 및 유량의 감소율은 횡월류 위어를 개방하지 않았을 경우의 측정결과와의 비교를 통해서 나타내었다.

표 2. 위어 하류부에서의 위어 높이별 평균유속 및 유량 감소율

위어높이	174mm	164mm	154mm	144mm	134mm	124mm	114mm	104mm
평균유속 감소율	12.70%	18.42%	22.96%	29.22%	33.43%	39.89%	47.39%	51.52%
유량감소율	10.78%	16.28%	20.24%	26.32%	30.32%	37.19%	44.24%	48.80%
위어높이	94mm	84mm	74mm	64mm	54mm	44mm	34mm	
평균유속 감소율	62.50%	62.91%	78.17%	82.80%	86.22%	93.69%	95.30%	
유량감소율	60.03%	60.28%	76.11%	81.30%	85.35%	92.60%	94.74%	

표 3. 수로 하류부에서의 위어 높이별 평균유속 및 유량 감소율

위어높이	174mm	164mm	154mm	144mm	134mm	124mm	114mm	104mm
평균유속 감소율	12.93%	19.90%	24.44%	33.15%	39.41%	46.18%	51.77%	58.11%
유량감소율	10.20%	16.62%	20.68%	29.63%	35.49%	42.57%	48.24%	54.53%
위어높이	94mm	84mm	74mm	64mm	54mm	44mm	34mm	
평균유속 감소율	66.89%	71.55%	78.17%	82.37%	87.26%	91.55%	93.51%	
유량감소율	65.65%	68.55%	75.34%	80.05%	85.93%	89.75%	92.37%	

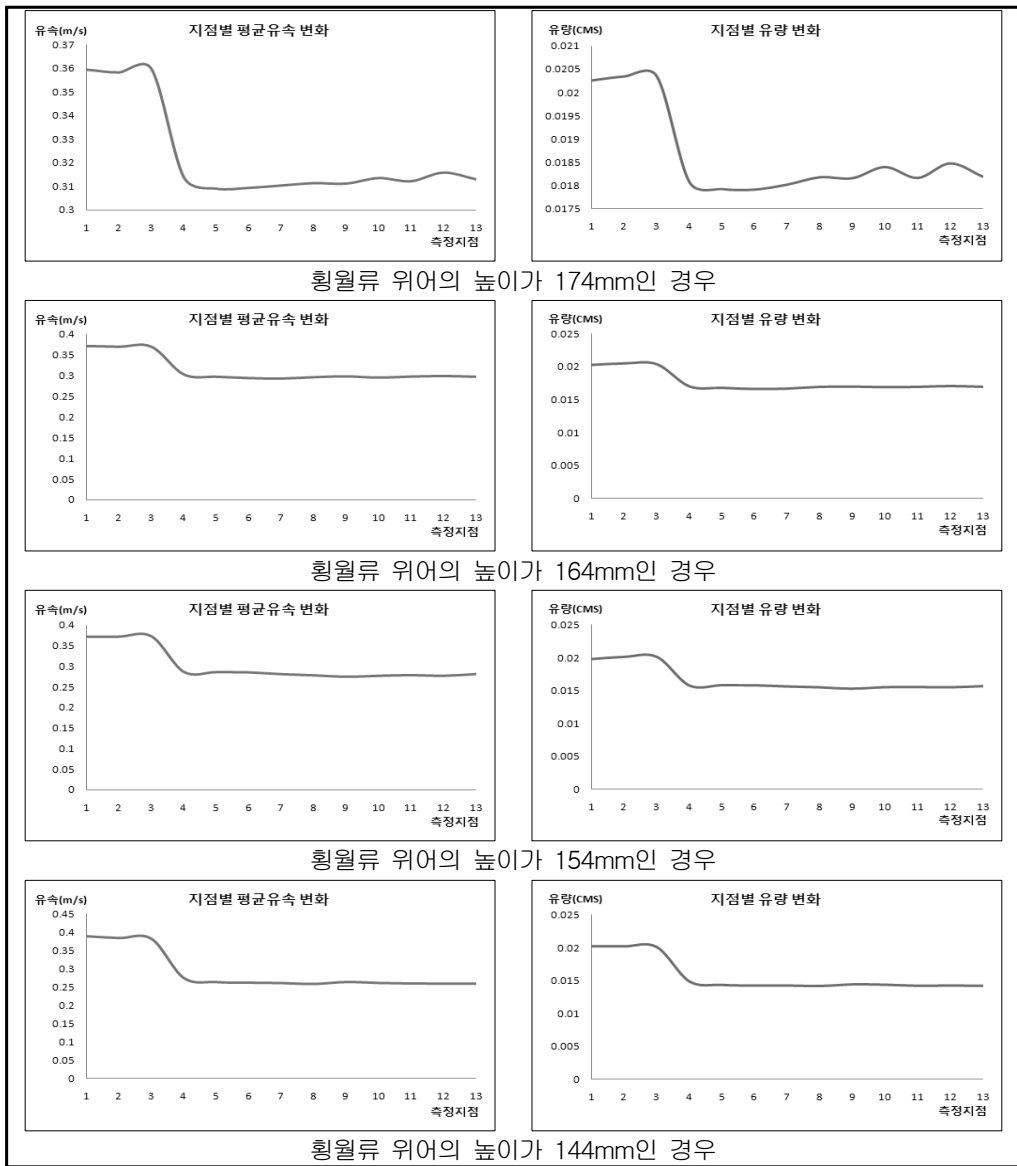


그림 9. 횡월류 위어 높이에 따른 측정지점별 평균유속 및 유량 변화

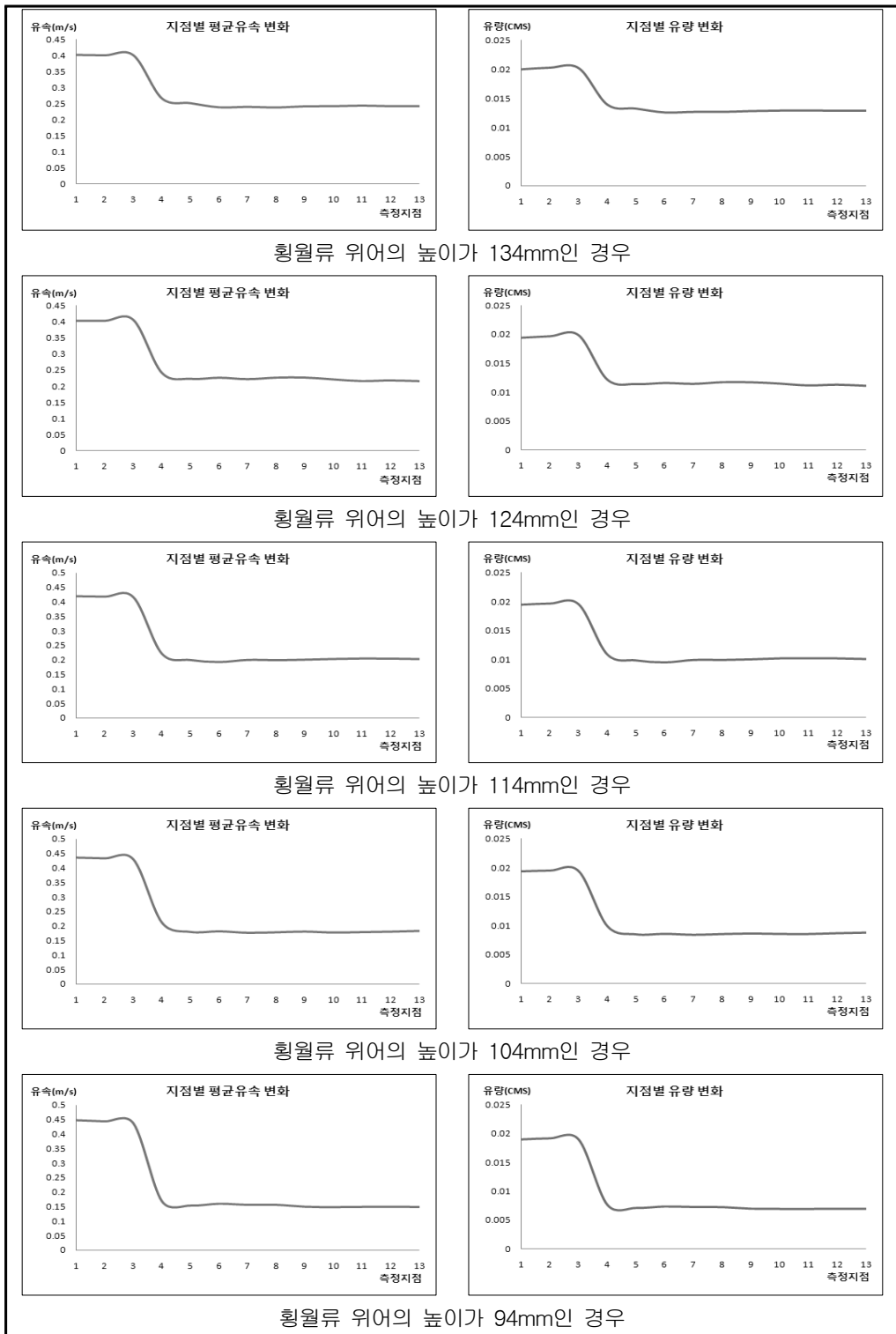


그림 9. 횡월류 위어 높이에 따른 측정지점별 평균유속 및 유량 변화(계속)

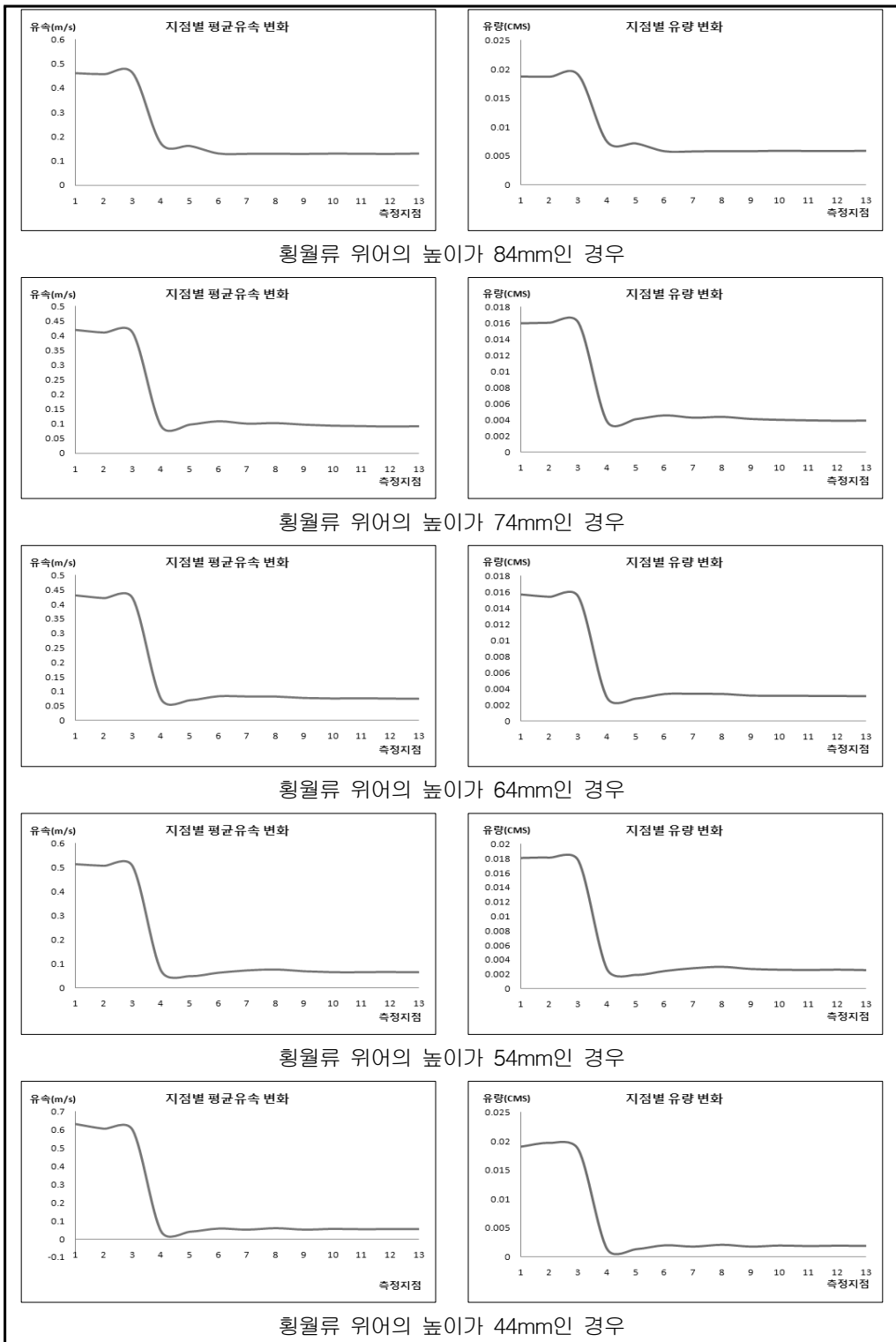


그림 9. 횡월류 위어 높이에 따른 측정지점별 평균유속 및 유량 변화(계속)



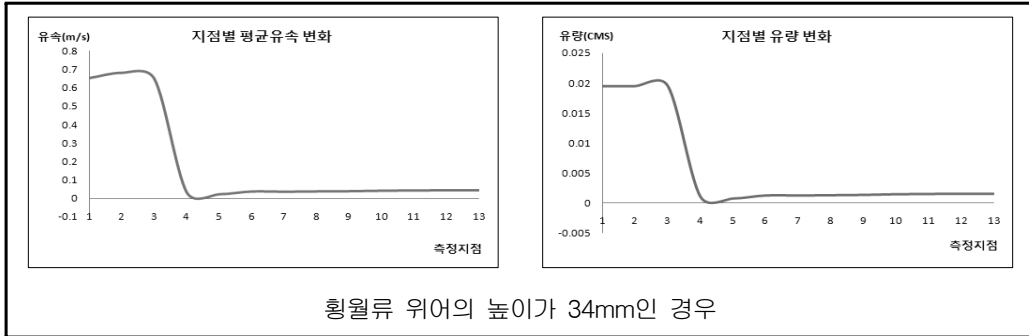


그림 9. 황월류 위어 높이에 따른 측정지점별 평균유속 및 유량 변화(계속)

위의 측정결과를 보면, 황월류 위어가 설치된 지점을 기준으로 유량과 평균유속이 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 위어에 의한 유출량이 수로 내 유량을 감소시키고, 수로 내 물의 흐름 방향 변화시킴으로써 평균유속을 감소시켰다. 또한 위의 측정지점별 평균유속 및 유량 변화 그래프를 살펴보면 위어의 높이가 낮아질수록 변화량이 큰 것으로 나타났다. 이는 황월류 위어를 통해 방류

되는 유출량을 측정하기 위해 수로 내 유량을 지속적으로 방류하여 위와 같은 결과가 나타난 것으로 판단된다.

황월류 위어를 통해 유출되는 유량은 직각 3각 위어에서의 양정을 측정하여 이를 토출량 산정식에 적용하여 산정하였다. 황월류 위어에 의한 유출량은 위어의 높이에 따라 산정하였으며 그 결과는 아래의 표 4와 같다.

표 4. 황월류 위어 높이별 유출량

위어 높이(mm)	174	164	154	144	134	124	114	104
유출량(m <sup>3</sup> /s)	0.0021	0.0034	0.0044	0.0058	0.0070	0.0083	0.0095	0.0108
위어 높이(mm)	94	84	74	64	54	44	34	
유출량(m <sup>3</sup> /s)	0.0120	0.0132	0.0143	0.0152	0.0162	0.0175	0.0180	

## 5. HEC-RAS 모형을 이용한 수리실험 결과 검토

개수로 수리실험 장치를 이용하여 측정 결과, 다시 말해 황월류 위어의 높이에 따른 수로 내 유속과 수위, 그리고 황월류 위어에 의한 월류량의 측정값이 타당한가를 검토하기 위하여 본 연구에서는 HEC-RAS 모형을 이용해 모의한 결과를 토대로 수리실험 결과를 검토하였다. HEC-RAS 모형의 모의는 저류지를 생성하여 황월류 위어를 통해 월류되는 유량이 저류지로 유입되도록 하였으

며, 수리실험 CASE 중에서 황월류 위어의 높이가 104mm일 때의 제원을 입력자료로 활용하여 수행하였다. 모형의 모의 결과 분석은 수리실험에서 이용된 유량에 Froude 모형법칙을 적용하여 환산된 유량이 첨두유량이 되도록 수문곡선을 작성하여 모형의 경계조건으로 이용하였다. 그 이유는 수리실험과 달리 모형을 이용해 강변저류지의 홍수저감효과를 분석하기 위해서는 정상류가 아닌 부정류 해석을 실시하여야 하며, 부정류 해석에서는 경계조건으로 수문곡선이 이용되기 때문이다. 이를 토대로 황월류 위어의 높이가 104mm일 경

우의 모의 결과를 보면, 침투유량이 발생하였을 때 위어의 시작지점의 최고 수위가 15.31m, 위어가 하류부의 최고 수위는 15.39m 그리고 하도 하류부의 최고 수위는 16.1m로 나타났다. 이 모의 결과를 실제 수리실험 장치와 동일하게 환산하여 수리실험 결과와 비교하면, 위어의 시작점의 경우 1.31%, 위어의 하류부는 2.04% 그리고 하도 하류부는 0.3%의 차이가 발생한 것으로 나타나는 것으로 분석되었다. 이러한 측정의 오차는 수리실험 수행시 측정오차나 HEC-RAS 모형 구축시 단면자료의 매개변수 입력오차 예를 들면, 실험장치 바닥면에 대한 Manning's n값 등으로 인해 발생할 수 있다고 판단된다.

모형에서 모의된 저류지의 결과값을 보면, 저류지의 면적이 10,000m<sup>2</sup>인 경우 침투유량이 발생하였을 때 저류지의 순 유입량은 52.41m<sup>3</sup>/s이었으며, 저류지의 최대 저류용량은 160,970m<sup>3</sup>인 것을 모의되었다(그림 10). 그리고 저류지 면적이 40,000m<sup>2</sup>일 경우 침투유량이 발생하였을 때 저류지의 순 유입량은 62.78m<sup>3</sup>/s이었으며, 저류지의 최대 저류용량은 643,990m<sup>3</sup>으로 모의되었다(그림 11). 이처럼 모형에서 모의된 결과는 수리실험 장치에서 측정할 수 없는 자료가 아니므로 직접적인 비교는 불가능하다고 판단된다. 그러나 모형을 이용함으로써 수리실험에서는 측정하기 어려운 저류용량 및 순 유입량을 분석할 수 있다.

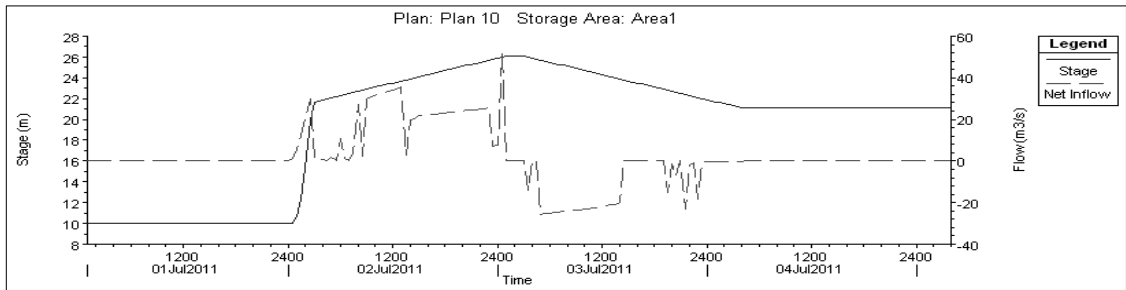


그림 10. 저류지의 수위 및 순 유입량(저류지 면적 : 10,000m<sup>2</sup>)

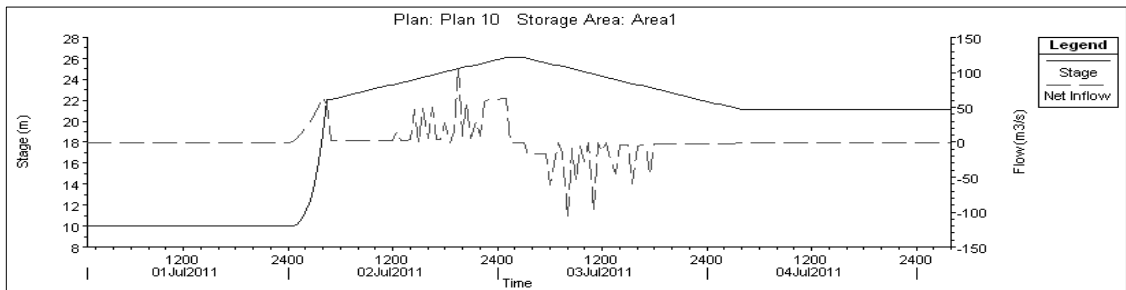


그림 11. 저류지의 수위 및 순 유입량(저류지 면적 : 40,000m<sup>2</sup>)

## 6. 결 론

본 연구에서는 강변저류지의 홍수저감효과를 검토하기 위하여 개수로 수리실험 장치를 이용하여 수리실험을 실시하였다. 홍수저감효과를 분석하기 위해 수리실험 장치에 횡월류 위어를 설치하여 위어 개방 정도에 따른 수로 내 수위 및 유속

을 측정하였으며, 위어를 통해 방류되는 유출량을 측정하였다. 또한 수리실험 결과의 타당성을 검토하기 위하여 수리실험 조건을 HEC-RAS 모형에 적용하여 모의한 결과와 실험결과를 비교 검토하였다. 그 결과, 횡월류 위어를 기준으로 위어의 시작지점, 위어의 하류부 그리고 하도의 하류부에서 측정된 평균유속 및 유량이 모형으로 모의된

결과와 다소 작은 차이를 보이며 유사하게 나타났다. 이를 통해 수리실험의 결과가 어느 정도의 타당성을 가지고 있다고 볼 수 있으며, 또한 이러한 결과로 강변저류지가 홍수기 하도의 평균유속과 유량을 변화시키는데 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 그러나 횡월류 위어를 통해 유출되는 유량은 수리실험 장치에 강변저류지를 고려하지 않고 단순히 지속적으로 수로로 일정한 유량을 방류하였을 때 측정된 값이며, 개수로 수리실험 장치 특성상 횡월류 위어의 설치에 대한 기계적 오차가 발생하였기 때문에 HEC-RAS 모형에서 모의된 저류지의 순 유입량과 저류용량과의 직접적인 비교는 어려운 것으로 나타났다.

이러한 결과는 향후 강변저류지의 홍수저감효과를 분석하는데 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 특히 수리실험을 통해 횡월류 위어에 의해 강변저류지로 유입되는 유량을 산정하는 방법은 강변저류지 구성에 있어서 하도와 저류지 간의 연결 구조물의 규모를 결정하는데 기초자료로 활용이 가능할 것이다.

### 감사의 글

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

### 참고 문헌

곽재원, 김덕길, 윤선화, 김형수, 다차원법을 이용

한 천변저류지의 홍수조절 효과분석, 한국습지학회지, 제10권, 제3호, pp 69~78, 2008

김지호, 이호열, 김윤태, 송재우, Off-line 저류지 횡월류 위어의 적정유량계수 제안, 2004 대한토목학회 정기학술대회, pp. 946~951, 2004

윤영배, 조홍재. 광정횡월류위어의 유량계수 산정, 대한토목학회논문집, 제31권, 제1B호, pp. 63~70, 2011

이동섭, 김창완, 폭이 넓은 개수로에서의 예연횡월류위어 유량계수 산정, 대한토목학회논문집, 제28권, 제5B호, pp. 449~458, 2008

임장혁, 진신욱, 송재우, 경사 위어의 유량계수 산정에 대한 연구, 한국수자원학회논문집, 제42권, 제5호, pp. 375~383, 2009

전승훈, 최준길, 유정철, 생태 천변저류지의 생태학적 조성계획기준, 한국습지학회지, 제10권, 제1호, pp. 39~47, 2008

한국표준협회. KS 펌프 토출량 측정 방법, 2001

Williams, M.L., Reddy, J.M., Hasfurther, V., Calibration of long crested weir discharge coefficient, Wyoming Water Resources Center, University of Wyoming, pp. 23~68, 1993

Lee, K.L., Holley, E.R., Physical modeling for side-channel weir, Center for Research in Water Resources, the University of Texas at Austin, 2002

- 논문접수일 : 2011년 05월 23일
- 심사의뢰일 : 2011년 05월 24일
- 심사완료일 : 2011년 08월 23일