# 수리학적 모형을 이용한 2006년 7월 영천강 홍수위 산정

# Flood Level Estimation of the Yeongcheon River using Hydraulic Model in July 2006

추현재*, 윤광석**, 김수진***

Hyun Jae Chu, Kwang Seok Yoon, Jae Hyun Song

요 지

우리나라는 매년 여름 발생하는 집중호우로 인해 해마다 많은 인명 및 재산 피해가 발생하고 있다. 집중호우 발생으로 인한 홍수로 인해 홍수범람, 제방붕괴 등이 발생할 경우 그 피해는 실로 막대하다고 할 수 있다. 따라서 피해 발생 이전에 충분한 준비를 통해 집중호우로 인한 피해 방지를 준비해야 한다. 지난 2006년 7월 전국적인 국지적 집중호우로 인해 막대한 피해가 발생했으며, 남강의 지류인 영천강 유역에서도 제방의 월류 붕괴로 인한 제내지 범람 피해가 다수 발생하였다.

본 연구에서는 2006년 7월 태풍 에위니아 내습시 낙동강수계 남강 유역에 발생한 홍수피해 원인을 분석하기 위하여 수리학적 모형을 이용하여 홍수위를 추정하였다. 영천강은 남강 제1지류이며 남강하구에서 63.0 km 지점인 진양군 문산면 소문리에서 남강에 합류되고 있으며 유로연장은 35 km 이다. 수리학적 모형을 통해 홍수위와 같은 기본적인 수리량의 산정 및 분석을 실시하였다. 본 연구를 통한 결과는 영천강 유역의 제방붕괴 원인 및 홍수범람 피해 방지를 위한 대책 수립뿐만 아니라 상류 유역에 대한 1차원 수리학적 모형의 적용과 관련하여 기초적인 자료로 제공할 것으로 기대된다.

**핵심용어 : 수리학적 모형, 홍수범람, 제방붕괴, 홍수위 예측**

## 1. 서 론

우리나라는 매년 여름 발생하는 집중호우로 인해 해마다 많은 인명 및 재산 피해가 발생하고 있다. 집중호우 발생으로 인한 홍수로 인해 홍수범람, 제방붕괴 등이 발생할 경우 그 피해는 실로 막대하다고 할 수 있다. 따라서 피해 발생 이전에 충분한 준비를 통해 집중호우로 인한 피해 방지를 준비해야 한다. 지난 2006년 7월 전국적인 국지적 집중호우로 인해 막대한 피해가 발생했으며, 남강의 지류인 영천강 유역에서도 제방의 월류 붕괴로 인한 제내지 범람 피해가 다수 발생하였다. 본 연구에서는 2006년 7월 태풍 에위니아(EWINIAR) 내습시 낙동강수계 남강 유역에서 발생한 홍수피해 원인을 분석 및 수리학적 모형의 적용성을 검토하기 위하여 FLDWAV 모형을 이용하여 홍수위를 추정하고 HEC-RAS 모형의 결과와 비교 분석하였다.

## 2. 모형의 소개

### 2.1 FLDWAV 모형

* 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : hjchu@kict.re.kr
** 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : ksyoon@kict.re.kr
*** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : greensjk@kict.re.kr

미국 기상청(NWS, National Weather Service)에서 개발한 FLDWAV 모형은 홍수파 거동을 동수역학적으로 해석하기 위하여 개발된 DWOPER 모형과 댐파괴 모의 모형인 DAMBRK 모형을 통합하여 개선한 모형이다. 이 모형은 실시간 홍수예보를 포함한 배수영향이 고려된 수지형 수계(Dendritic River System)의 부정류 해석은 물론, 상류(Subcritical)와 사류(Supercritical)가 혼합된 흐름에서의 해석도 가능하며, 댐의 붕괴로 인한 홍수파의 흐름해석과 하천제방의 붕괴 또는 월류에 따른 범람해석이 가능하고, 특히 측정된 수위자료를 이용하여 조도계수의 자동보정이 가능한 특징을 가지고 있다. 또한 다양한 형태의 외부 경계조건을 처리할 수 있으며, 댐, 교량, 보 등 하천 시설물도 내부 경계조건으로 처리할 수 있다. 또한 수위를 직접 변수로 사용하여 하천경사를 소거하고, 홍수류가 제방을 월류하거나 하도 용량을 초과 할 때의 홍수터의 저류효과를 고려하여 다음과 같은 확장된 형태의 Saint-Venant 방정식을 사용하였다(National Weather Service, 1998).

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial[s_{co}(A+A_0)]}{\partial t}-q=0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial(s_m Q)}{\partial t}+\frac{\partial(\beta Q^2/A)}{\partial x}+gA\left(\frac{\partial h}{\partial x}+S_f+S_e+S_i\right)+L+W_f B=0 \tag{2}$$

여기서, $Q$는 유량, $h$는 수위, $A$는 흐름단면적, $A_0$는 수로 외 저류량을 갖는 횡단면적, $s_{co}$, $s_m$은 $h$에 따라 변하는 굴곡 인자를 나타낸다. 또한, $x$와 $t$는 각각 공간과 시간좌표이며, $q$는 단위폭당 횡유입량을 나타내고, $\beta$는 속도분포에 따른 운동량 보정계수, $g$는 중력가속도, $S_f$는 마찰경사, $S_e$는 수축-확대경사, $S_i$는 토석류(Mud/Debris Flows)와 같은 비뉴톤유체의 내적 점성소산과 관련하여 더해지는 마찰경사를 나타낸다. $B$는 수위 $h$에 대한 흐름 폭, $W_f$는 흐름표면에 저항하는 바람의 효과, $L$은 횡유입량의 운동량효과를 나타낸다.

### 2.2 HEC-RAS 모형

미 공병단의 HEC-RAS 모형은 자연하천이나 인공 하천에서의 정상류 상태의 점변류 수면 곡선을 계산하기 위해 개발되었다. 이 모형은 상류와 사류 상태의 수면곡선의 계산이 가능하며, 교량이나 암거 등의 하천구조물로 인한 수면곡선의 변화를 알아 낼 수가 있다. 계산절차는 표준축차법(Standard Step Method), 즉 Manning 공식에 의해서 산정된 마찰에 의한 손실을 고려한 1차원 에너지 방정식의 수치해에 근거를 두고 있다. 또한 하도내 교량, 암거 및 구조물의 영향 분석을 수행할 수 있으며, 수리분석으로 교량의 수축 및 국부 세굴을 사정하고 도시하여 준다. 또한 UNET 모형을 통합하여 부정류 해석이 가능하다.

## 3. 수리학적 모형의 적용

본 연구에서는 FLDWAV 모형을 이용하여 2006년 7월 태풍 에위니아(EWINIAR)가 통과한 2006년 7월 8일 01시부터 2006년 7월 14일 24시까지 총 143시간 동안 모의를 실시하였으며, HEC-RAS 모형을 이용한 결과와 비교하였다. 그림 1은 대상유역을 나타내며, 그림 2는 제방 붕괴 및 피해가 발생했던 남강본류 일대를 나타내고 있다.

그림 1. 대상유역

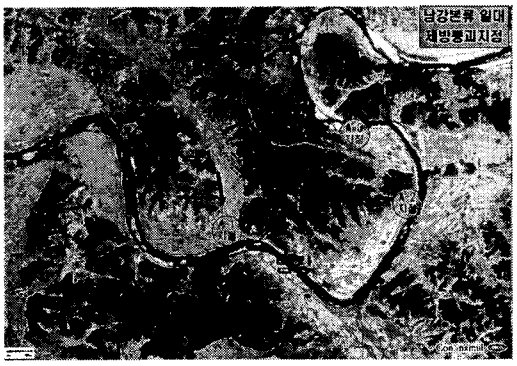


그림 2. 남강 본류 제방붕괴 지점

### 3.1 붕괴지점의 첨두수위 및 첨두홍수량

모형 적용을 위해 상류경계조건으로는 남강댐 방류량을, 하류경계조건으로는 정암수위관측소에서의 수위 자료를 이용하였다. 측방유입 경계조건으로는 Clark 단위도(AMC-Ⅲ)를 이용하여 각 합류지점에서 합산되도록 하였다. 모의구간으로는 남강은 남강댐에서 정암수위관측소까지 51.8 km를, 영천강은 총 구간인 20.4 km 중 남강 합류부 지점으로부터 상류로 7.43 km 지점까지 분석을 실시하였다. 표 1은 모의된 남강본류 붕괴지점 A-1, A-2, A-3 지점의 첨두수위 및 첨두홍수량을 나타내고 있으며, 그림 3~6은 모의시간동안 남강 본류 붕괴지점과 영천강 유역 남강 합류부 상류 2.5 km 지점의 수위수문곡선을 나타내고 있다.

표 1. 첨두수위 및 첨두홍수량 산정결과

| 붕괴지점 | 제방고 (EL.m) | 첨두홍수위(EL.m) | | 첨두홍수량($m^3/s$) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | HEC-RAS(m) | FLDWAV(m) | HEC-RAS | FLDWAV |
| A-1 | 19.00 | 19.27 | 19.23 | 2111 | 1995 |
| A-2 | 18.29 | 18.59 | 18.63 | 3625 | 3489 |
| A-3 | 17.94 | 18.21 | 18.20 | 3568 | 3470 |

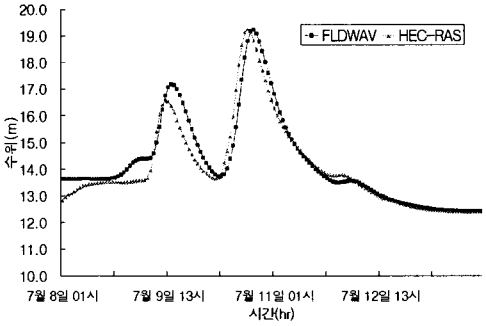


그림 3. 수위수문곡선(A-1 지점)

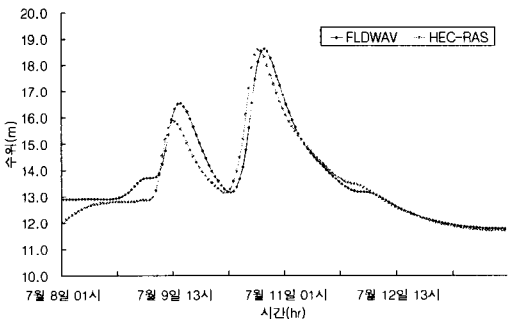


그림 4. 수위수문곡선(A-2 지점)

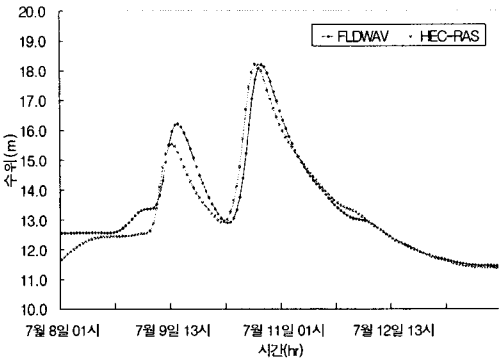


그림 5. 수위수문곡선(A-3 지점)

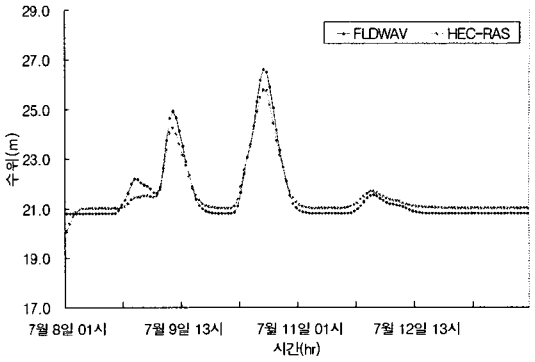


그림 6. 수위수문곡선(영천강, 남강 합류부 상류 2.5 km)

표 1에 나타나듯이 FLDWAV 모형과 HEC-RAS 모형의 붕괴지점 첨두수위 및 첨두홍수량 계산 결과 첨두수위의 경우 거의 비슷한 값이 나왔으며, 첨두홍수량은 FLDWAV 모형의 계산결과가 HEC-RAS 모형보다 약 100 $m^3/s$ 정도 작게 계산되었다. 그림 3~6에 나타낸 바와 같이 모의기간 동안의 수위변화를 살펴보면 첨두수위의 경우 두 모형이 거의 비슷하게 나오고 있으나, FLDWAV 모형의 지체시간이 HEC-RAS 모형보다 조금 늦다는 것을 확인 할 수 있다. 그림 6의 남강 합류부지 상류 2.5 km 지점인 영천강의 경우 첨두수위 발생시간은 동일했지만, 그 크기가 FLDWAV 모형이 HEC-RAS 모형보다 좀 더 크게 나타났다.

### 3.2 종단거리별 첨두수위 및 홍수량

그림 7~8은 상류경계인 남강댐으로부터 종단거리별 첨두수위 및 첨두홍수량을 나타내고 있다. 그림 7의 종단거리별 첨두수위를 살펴보면 계산 결과 두 모형의 계산결과가 서로 비슷하며, 30 km 지점까지는 HEC-RAS 모형의 값이 좀 더 크게 나타났으며, 그 이후에는 FLDWAV 모형의 값이 조금 더 크게 나타나고 있다. 그림 8의 종단거리별 홍수량의 경우 두 모형의 증가 추세는 서로 비슷하게 나타나고 있다.

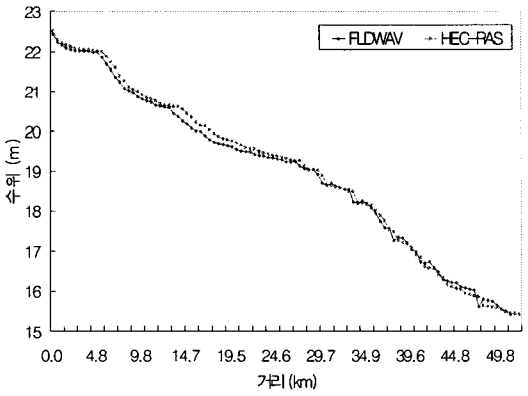


그림 7. 종단거리별 첨두수위

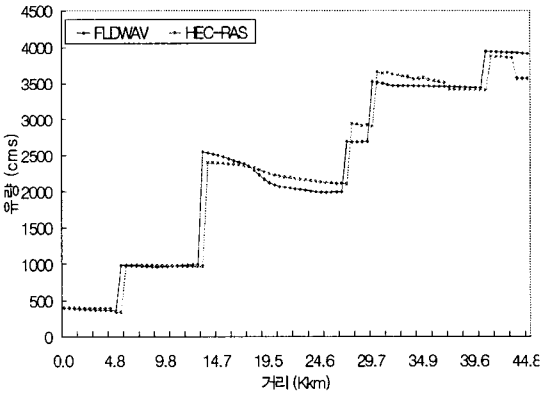


그림 8. 종단거리별 첨두홍수량

## 4. 결 론

본 연구에서는 2006년 7월 태풍 에위니아(EWINIAR) 내습시 낙동강수계 남강 유역에서 발생한 홍수피해 원인을 분석하기 위하여 수리학적 모형을 이용하여 통해 홍수위와 같은 기본적인 수리량의 추정 및 분석을 실시하였다. 수리학적 모형으로는 FLDWAV 모형을 이용하여 2006년 7월 태풍 에위니아 상륙시 제방붕괴로 인해 피해가 발생했던 남강본류 지점들의 첨두수위 및 홍수량 등을 HEC-RAS 모형의 결과와 비교하였다. 계산 결과 붕괴지점에서 두 모형 모두 비슷한 수위와 유량의 결과를 나타내었으며, 지체시간의 경우 FLDWAV 모형이 HEC-RAS 모형보다 조금 늦게 나타났다. 본 연구를 통한 결과는 영천강 유역의 제방붕괴 원인 및 홍수범람 피해 방지를 위한 대책 수립뿐만 아니라 상류 유역에 대한 1차원 수리학적 모형의 적용과 관련하여 기초적인 자료로 제공할 것으로 기대된다.

## 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 한국건설교통기술평가원의 이상기후대비시설기준강화 연구단에 의해 수행되는 2005 건설기술기반구축사업(05-기반구축-D03-01)에 의해 지원되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부(1983). 하천정비기본계획 (덕천강, 영천강, 봉현천)
2. 건설교통부(1992). 낙동강하천정비기본계획(보완Ⅱ) (밀양간 합류부~남강 합류부, 남강)
3. 건설교통부(2006). 2006년 7월 태풍 및 집중호우 피해조사
4. National Weather Service (1998). NWS FLDWAV MODEL.
5. U.S. Army Corps of Engineers (2002). HEC-RAS River Analysis System User's Manual.