

# HEC-HMS와 HEC-RAS를 이용한 낙동강 유역의 홍수예측 시스템

## Flood Forecasting System by Using HEC-HMS and HEC-RAS in Nakdong River

노황원\* · 최현일\*\* · 지홍기\*\*\*

No, Hwang Won · Choi, Hyun Yi · Jee, Hong Ki

---

### 요 지

본 연구의 목적은 유역의 홍수사상을 모의하는데 널리 이용되고 있는 HEC-HMS와 하도의 수리해석에 이용되고 있는 HEC-RAS를 결합시켜 일반 하천유역의 홍수예측을 수행하는 절차를 확립하는데 있다.

따라서 본 연구에서는 낙동강유역을 적용 대상유역으로 선정하고 주요 지류를 대상으로 38개 소유역을 분할하여 유역추적을 실시하였으며, 유역추적기법은 Clark법을 채택하였다. 또한 하도의 홍수추적은 HEC-RAS의 부정류 알고리즘을 이용한 홍수와 도달시간을 산정하여 하도의 주요지점에 대한 홍수예측을 수행하였다. 지금까지 낙동강유역을 대상으로 연구된 결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

**핵심용어 : HEC-HMS, HEC-RAS, 홍수예측시스템, Rating Curve**

---

### 1. 서 론

상류 유역으로 부터 홍수시 유출되는 하천유량을 실시간으로 예측하는 것은 하천의 홍수조절이나 수자원 시설물의 관리를 위한 중요한 요소 중의 하나이다. 최근에는 세계적으로 도시화와 온실효과나 엘니뇨와 같은 기후변화에 의해서 홍수의 발생 횟수와 크기가 증가하고 있다(이재응 등, 2001). 우리나라는 강우의 2/3 이상이 여름철에 집중하고, 하천경사가 급하여 빈번한 홍수가 발생하며 많은 피해가 발생하고 있다. 최근에는 이상기후에 의해 홍수 발생하고 있으며, 이로 인하여 국지적 홍수 피해가 발생하고 있다.

따라서 하천홍수로 인한 피해를 줄이기 위해서는 특정강우사상에 따라 대상유역에 얼마나 큰 유출량을 발생시킬 것이며, 하천의 수위가 얼마나 상승할 것인가를 예측하는 것이 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 기존의 축적된 수문자료를 바탕으로 홍수시 유량과 수위의 변동양상을 신속, 정확히 예측함으로써 지역에서 발생하는 홍수에 의한 물리적 피해를 최소화하고 낙동강 유역의 수계별 물관리 및 치수관리의 효율성을 높이는데 많은 도움이 될 것이라 생각된다.

### 2. 연구방법 및 범위

본 연구의 방법은 유역유출해석을 위해 HEC-HMS 모형을 이용하였고 38개 소유역과 10개의 하도구간 9개의 합류점으로 모형을 구축한 뒤, Clark모형을 선정하여 각 경험식 값의 범위내에 실제유역을 고려하여 도달시간을 산정하였고, SCS Curve Number방법으로 유효강우량을 계산하여

---

\* 정회원·영남대학교 토목공학과·석사과정 (E-mail: morketa@ynu.ac.kr)

\*\* 정회원·영남대학교 건설시스템공학부·교수

\*\*\* 정회원·영남대학교 건설시스템공학부·교수

침투홍수량을 결정하였다. 이때 유출량 변동 및 하류하천의 통수능력을 검토하기 위하여 각 지류의 합류지점과 낙동강 하구를 유출량 산정지점으로 산정하였다. 이렇게 얻어진 각 지점의 침투홍수량은 하도수리분석을 위한 경계조건으로 입력하였는데, 하도수리분석을 위해 사용된 HEC-RAS 모형에 2009년 측량성과의 개수후 낙동강 하도의 횡단면을 입력하여 홍수량과 홍수위를 계산하였다.

이때 계산된 홍수량 및 홍수위를 검토하기 위해 안동, 달지, 진동, 삼랑진지점을 선택하여 당시 수위표에 기록된 홍수위를 수위-유량곡선을 이용하여 홍수량을 구하고 모의한 결과 값을 비교하였다.

### 3. 실제 유역의 홍수유출예측 적용분석

홍수유출예측을 위하여 대상유역으로 선정한 낙동강유역을 조사하였으며, 분석에 필요한 수문 및 지형학적 인자들을 산정하였다. 또한 실제 강우량을 이용하여 분석하였고 유역 및 하도매개변수를 적용하여 낙동강유역의 홍수유출량을 산정하였다

#### 3.1 대상유역의 선정

낙동강 유역은 한반도 남동부인 동경 127°29' ~ 129°18', 북위 35°03' ~ 37°13' 에 위치하여 북쪽으로 한강유역, 서쪽으로는 금강 및 섬진강유역과 접하고, 동쪽으로는 태백산맥이 동해안 유역과 분수령을 형성하고 있는 우리나라 제 2의 하천유역으로서 그 유역면적은 23,393.7km<sup>2</sup>, 유로연장은 521.5km이며, 우리나라 남한 면적의 24.1%를 차지하고 있다.



그림 1. 낙동강 유역분할도

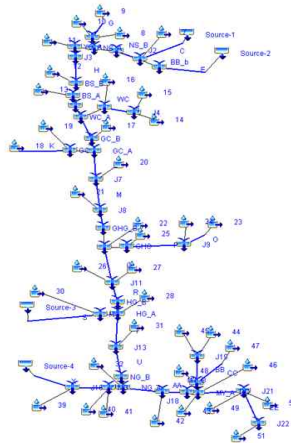


그림 2. HEC-HMS 구축도



그림 3. HEC-RAS 구축도

#### 3.2 매개변수추정 기법 선정

##### 1) HEC-HMS 매개변수 선정

이번 분석에서 Clark모형을 이용하였고 Clark모형에 필요한 매개변수인 도달시간을 구하기 위해 Kirpich, Kerby, Kraven, Rhiza 식을 사용해서 도달시간을 구하였고 각각의 값을 산술평균하여 값을 최적도달시간을 선정했다. 그리고 저류상수를 구하기 위해서 Clark, Linsley, Saboll 식의 값을 구해서 각 경험식 값의 범위내에 실제유역을 고려하여 선정을 하였다. 하도추적모형으로 Muskingum 방법을 채택하여 적용하였고 홍수와 통과시간은 Kirpich, Kerby 및 Kraven의 각 경험식 값의 범위내에 실제유역을 고려하여 산정하였으며, 표 2.에 나타내었다.

표 2. 도달시간(Tc) 및 저류상수(R) 홍수파 통과시간(K,Δx) 산정

(단위 : hr)

| NO. | Tc (AVG) | R     | NO. | tc (AVG) | R      | 하도기호 | K     | Δx   | 하도기호 | K    | Δx   |
|-----|----------|-------|-----|----------|--------|------|-------|------|------|------|------|
| 7   | 10.10    | 7.433 | 26  | 6.45     | 5.639  | C    | 0.44  | 0.20 | Y    | 9.98 | 0.20 |
| 8   | 14.92    | 11.90 | 27  | 8.91     | 5.926  | E    | 3.82  | 0.20 | Z    | 3.45 | 0.20 |
| 9   | 10.53    | 6.229 | 28  | 8.68     | 2.516  | F    | 10.25 | 0.20 | AA   | 8.19 | 0.10 |
| 10  | 6.61     | 8.298 | 30  | 8.27     | 2.709  | G    | 6.23  | 0.20 | BB   | 2.31 | 0.20 |
| 11  | 8.530    | 7.646 | 31  | 6.86     | 8.056  | H    | 1.59  | 0.20 | CC   | 7.91 | 0.21 |
| 12  | 6.06     | 5.710 | 32  | 2.82     | 4.337  | I    | 1.53  | 0.41 | DD   | 4.19 | 0.10 |
| 13  | 4.24     | 3.480 | 39  | 3.72     | 5.846  | J    | 1.12  | 0.20 | EE   | 4.00 | 0.10 |
| 14  | 6.72     | 4.587 | 40  | 6.33     | 3.330  | K    | 13.07 | 0.20 | -    | -    | -    |
| 15  | 6.80     | 4.572 | 41  | 7.12     | 7.118  | L    | 0.58  | 0.18 | -    | -    | -    |
| 16  | 5.17     | 4.213 | 42  | 7.25     | 3.476  | M    | 0.93  | 0.20 | -    | -    | -    |
| 17  | 4.70     | 2.370 | 43  | 6.31     | 12.770 | N    | 17.24 | 0.18 | -    | -    | -    |
| 18  | 5.70     | 1.690 | 44  | 7.75     | 12.340 | O    | 2.17  | 0.20 | -    | -    | -    |
| 19  | 6.22     | 3.510 | 45  | 3.62     | 14.490 | P    | 7.91  | 0.10 | -    | -    | -    |
| 20  | 2.12     | 1.030 | 46  | 6.06     | 4.224  | Q    | 2.35  | 0.15 | -    | -    | -    |
| 21  | 3.08     | 1.322 | 47  | 6.73     | 5.580  | R    | 4.44  | 0.25 | -    | -    | -    |
| 22  | 4.64     | 4.295 | 48  | 2.42     | 4.350  | S    | 3.56  | 0.20 | -    | -    | -    |
| 23  | 3.88     | 2.790 | 49  | 2.87     | 11.982 | T    | 8.55  | 0.30 | -    | -    | -    |
| 24  | 7.35     | 3.492 | 50  | 2.95     | 6.703  | U    | 5.55  | 0.10 | -    | -    | -    |
| 25  | 4.49     | 3.572 | 51  | 5.02     | 18.070 | X    | 6.72  | 0.20 | -    | -    | -    |

2) HEC-RAS 매개변수 선정

낙동강유역의 하도의 구성에 따라 상류경계조건은 안동댐의 실제 방류량을 사용하였고 하류경계조건은 낙동강수계 하천기본계획 보고서의 기점홍수위 EL.3.61m를 사용하였다. 지류유입량은 HEC-HMS를 이용하여 낙동강 지류 및 본류잔류유역을 수문학적 추적을 통해서 홍수량을 산정하여 측방유입수문곡선(Lateral Inflow Hydrograph)으로 모형을 구성하였다. 조도계수는 수로표면의 물리적 특성에 관련되어 있으며 Maning 조도계수의 수면곡선 계산의 결과를 좌우할 수 있는 중요한 값으로 대략적인 오차의 범위를 결정하기 위해 대상유역이나 범위에 따라 그 변동성이 0.016에서 0.1까지 그 차이가 매우 크다.

표 3. 하도별 조도계수 선정

| 구간  | No.705~697 | No.696~673 | No.672~468 | No.467~364 | No.363~0 |
|-----|------------|------------|------------|------------|----------|
| 99년 | 0.033      | 0.028      | 0.026      | 0.024      | 0.029    |

4. 실제 유역의 홍수유출예측 적용분석

HEC-HMS로 산정된 홍수량을 HEC-RAS의 입력치로 사용하여 수리학적 홍수추적을 한 결과 1999년 태풍 올라, 2003년 태풍 매미 호우시 침투홍수량을 살펴보았다. 그림 4. ~ 그림 7.은 안동과 삼랑진 지점의 침투홍수량과 침투홍수위를 그래프로 나타낸 것이다.

표 4. 하도별 조도계수 선정주요지점별 침투홍수량 및 발생시각

| 지점명          |          | 기간 | 1999. 7. 31 ~ 8. 16   |         |       |        |           |
|--------------|----------|----|-----------------------|---------|-------|--------|-----------|
|              |          |    | 유량(m <sup>3</sup> /s) | 유량오차    | 수위(m) | 수위오차   | 시간(hr)    |
| 안동<br>(반변천)  | Observer |    | 372.1                 | -       | 2.56  | -      | 8.4 03:00 |
|              | HMS-RAS  |    | 412.0                 | 10.7%   | 2.68  | 5.1%   | 8.4 03:00 |
| 달지<br>(내성천)  | Observer |    | 2,084.6               | -       | 6.60  | -      | 8.3 08:00 |
|              | HMS-RAS  |    | 2,334.4               | 12.0%   | 7.31  | 10.7%  | 8.4 11:00 |
| 진동<br>(남강)   | Observer |    | 5,628.1               | -       | 8.03  | -      | 8.5 06:00 |
|              | HMS-RAS  |    | 6,094.0               | 8.3%    | 8.72  | 8.5%   | 8.4 16:00 |
| 삼랑진<br>(밀양강) | Observer |    | 5,696.0               | -       | 6.79  | -      | 8.5 07:00 |
|              | HMS-RAS  |    | 6,495.6               | 14.0%   | 7.67  | 12.9%  | 8.4 21:00 |
| 평균오차         |          |    | -                     | (11.7%) | -     | (9.3%) | -         |

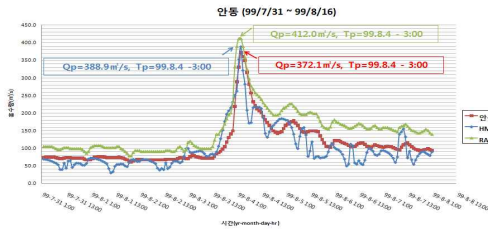


그림 4. 안동지점(첨두홍수량)

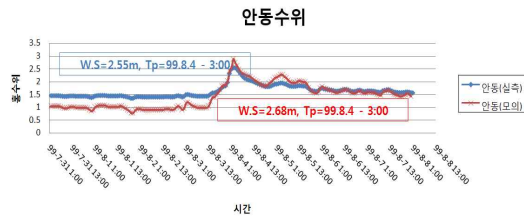


그림 5. 안동지점(첨두홍수위)

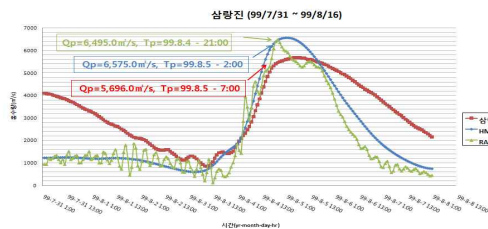


그림 6. 삼랑진지점(첨두홍수량)



그림 7. 삼랑진지점(첨두홍수위)

## 5. 결 론

하도의 홍수추적은 HEC-RAS 4.0 Version 부정류 알고리즘을 이용하여 하도추적을 실시하였으며, 하도구간의 횡단자료는 직선구간에서 500m 그리고 곡선부 및 하도단면 변곡부의 횡단면 자료를 입력시켜 주요 수위표지점을 대상으로 실측수위와 계산수위를 비교하면서 조도계수를 조정하여 다른 홍수사상에도 적용할 수 있도록 하도구간별 최적 조도계수를 제시하였다.

한편 본 연구결과의 적합성 여부를 판단하기 위해서 실측홍수량(위), HEC-HMS의 계산홍수량(위) 및 HEC-HMS와 HEC-RAS 결합 계산홍수량(위)를 각각 비교 분석하였으며, 그 결과 홍수량 예측은 HEC-HMS와 HEC-RAS 결합 계산홍수량과 HEC-HMS 계산홍수량이 실측홍수량과 거의 비슷한 결과를 나타내고 있었다. 또한 홍수위예측도 홍수량예측과 비슷한 결과를 나타내고 있으나, HEC-HMS의 계산홍수량을 실측 홍수위에서 Rating Curve로 변환시키는 과정에서 Rating Curve의 정도에 크게 좌우되고 있음을 알 수 있었다.

따라서 향후 HEC-HMS와 HEC-RAS를 결합한 홍수예측은 보다 세분화된 소유역 분할(준분포형) 또는 분포형 모델과 HEC-RAS를 결합시켜 홍수위를 예측하는 것이 Rating Curve 오차를 극복할 수 있는 홍수예측방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업 (08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Angel Luis Aldana Valverde, 2004, *Use of Flood Propagation Models in Real Time Hydrologic Forecast. Experiences At Segura River* , Ohird, FY Republic of Macedonia, 25-29
2. F.E.Hicks and T.Peacock, 2005, *Suitability of HEC-RAS for Flood Forecasting*, Canada Water Resource Journal/Revue Canadienne des Ressources Hydriques