

# 통계적 모형을 이용한 지천 홍수예측

## Tributary Flood Forecasting Using Statistical Analysis Method

성지연\*, 허준행\*\*  
Ji Youn Sung, Jun-Haeng Heo

### 요 지

본 연구는 주요지천 홍수예측에 적용된 통계적 모형을 개선하여 예측 결과의 정확성 향상을 도모하는 데 목적이 있다. 중랑천, 탄천, 왕숙천 등 한강수계 주요 지천은 홍수예보 지점으로 유역면적이 작고 도달 시간이 짧아 기존의 대하천 홍수예보에 이용되고 있는 수문학적 홍수예측 모형을 적용하기에는 한계가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 주요 지천 홍수예측에 통계적 모형인 다중선형 회귀모형을 이용하는 방법이 제안되어 활용되었다. 본 연구에서는 지천홍수예측에 기 적용된 다중선형 회귀 모형의 다중공선성 문제를 해결하기 위해 독립변수를 조정하고, 10분 단위 관측 자료를 활용한 예측 결과를 얻기 위해 매개변수를 재산정하였다. 그 결과 기존 모형에 비해 적은 수의 독립변수와 재 산정된 매개변수를 이용한 통계적 모형으로 예측 수위의 오차를 줄일 수 있었다.

**핵심용어** : 주요지천, 홍수예측, 통계적 모형

### 1. 서론

한강수계의 주요 지천인 중랑천, 탄천, 왕숙천은 도시화가 많이 이루어진 도시하천으로, 한강홍수통제소에서 2007년부터 홍수예보지점으로 고시하여 예보업무를 수행하고 있다. 그러나, 유역면적이 300km<sup>2</sup>이하로 작고, 유역연장 35km 내외로 도달시간이 짧아 대하천에 사용하는 홍수예측 방식을 적용하여 홍수예보를 수행하는데는 한계가 있으며, 이를 개선하기 위한 방안으로 기존의 수문학적 모형과 함께 통계학적 모형을 도입하여 홍수예측을 수행하고 있다.

본 연구는 주요 지천 홍수예측에 이용되고 있는 통계적 모형의 개선을 목적으로 하며, 기 적용된 다중선형 회귀모형을 활용하되 다중공선성을 감소시키기 위해 독립변수를 재구성 하였다. 또한, 기존에 30분 단위로 수집되는 자료에 대한 매개변수를 현재 10분 단위로 수집되는 자료에 적용할 수 있도록 재산정하고, 유역내 강우가 예보지점 유량에 영향을 미치는 시간이 1~2시간 내외인 것으로 판단하여, 우선 기준시간에서 1시간 후까지 예측할 수 있는 모형을 구성하여, 2007년과 2008년 홍수사상에 적용하였다.

### 2. 주요지천 통계적 모형 개선 방안 검토

\* 정회원 · 국토해양부 한강홍수통제소 하천정보센터 시설연구사 E-mail : [gyoune@korea.kr](mailto:gyoune@korea.kr)

\*\* 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템 공학부 토목환경공학 교수 E-mail : [jheo@yonsei.ac.kr](mailto:jheo@yonsei.ac.kr)

기 적용된 한강수계의 주요지천에 대한 통계학적 모형은 예보지점인 중랑천, 탄천, 왕숙천에 대해 중선형 회귀모형을 사용하도록 구축되어 있는데, 예보지점의 홍수유출량이 상류 유역평균강우량 30분 간격으로 입수되는 실시간 자료를 3시간까지 이용하여 6개의 유량과 6개의 유역평균 강우량을 독립변수로 하고, 3시간 후의 유량을 종속변수로 하고 있다. 기존의 통계적 모형 회귀식은 총 13개의 매개변수를 산정하도록 구축되었으며, 그 식은 다음과 같다.

$$Q(t+T) = a_1Q(t) + a_2Q(t-1) + a_3Q(t-2) + a_4Q(t-3) + a_5Q(t-4) + a_6Q(t-5) + b_1R(t) + b_2R(t-1) + b_3R(t-2) + b_4R(t-3) + b_5R(t-4) + b_6R(t-5) + c \quad (1)$$

여기서, Q는 예보지점 유량, R은 유역평균 강우량을 나타내고,  $a_1 \sim a_6$ 는 유출량 관련 매개변수,  $b_1 \sim b_6$ 는 유역평균 강우량 관련 매개변수를 나타내며, T는 선행예측 시간을 나타내는 것으로 30분, 60분, 90분, 120분, 150분, 180분 후를 나타낸다.

(1)식으로 산정된 매개변수는 음의 값이 다수 포함되어있으며, 이는 다중공선성에서 기인하는 것으로 판단하여 다중공선성을 감소시키기 위해 독립변수를 재설정하였으며, 10분 간격으로 입수되는 실시간 자료를 1시간까지 이용하여 1개의 유량과 6개의 유역평균 강우량을 독립변수로 하고, 1시간후의 유량을 종속변수로하여 다음 식과 같이 8개의 매개변수를 갖는 회귀식을 구축하였다.

$$Q(t+T) = a_1Q(t) + b_1R(t) + b_2R(t-1) + b_3R(t-2) + b_4R(t-3) + b_5R(t-4) + b_6R(t-5) + c \quad (2)$$

여기서, Q는 예보지점 유량, R은 유역평균 강우량을 나타내고,  $a_1$ 은 유출량 관련 매개변수,  $b_1 \sim b_6$ 는 유역평균 강우량 관련 매개변수를 나타내며, T는 선행예측 시간을 나타내는 것으로 10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 60분 후를 나타낸다.

### 3. 한강수계 주요지천 유역 적용

(2)식을 이용하여, 중랑천, 탄천, 왕숙천의 통계적 유량예측 모형 매개변수 산정을 위해 10분 단위 자료를 이용할 수 있는 2007년부터 2008년까지의 홍수기 유량 및 유역 평균 강우량 자료를 사용하였으며, 2008년 7월의 홍수사상을 대표홍수사상으로 하여 매개변수를 산정하였다.

표 1. 회귀분석 통계량(중랑천)

	10분	20분	30분	40분	50분	60분
다중 상관계수	0.998988	0.99682	0.992775	0.984943	0.982663	0.976524
결정계수	0.997978	0.993651	0.985602	0.970112	0.965627	0.953598
조정된 결정계수	0.997949	0.993569	0.985164	0.969802	0.964581	0.952186
표준 오차	4.548314	11.81373	9.595422	27.59893	14.83162	17.23523

중랑천, 탄천, 왕숙천의 회귀분석 통계량은 다중상관계수와 결정계수가 예측 시간이 길어질수록 다

소 감소하는 것으로 나타났으나, 1에 가까운 값을 갖는 것으로 나타났기 때문에 다중선형회귀 모형을 이용한 홍수예측이 유의미한 결과를 나타낼 수 있을 것으로 판단되었다.

10분 단위 자료에 대해 재산정한 매개변수를 2007년과 2008년의 대표적인 홍수기 사상에 적용하여 예측값과 실측값을 비교한 그래프는 다음 그림과 같다.

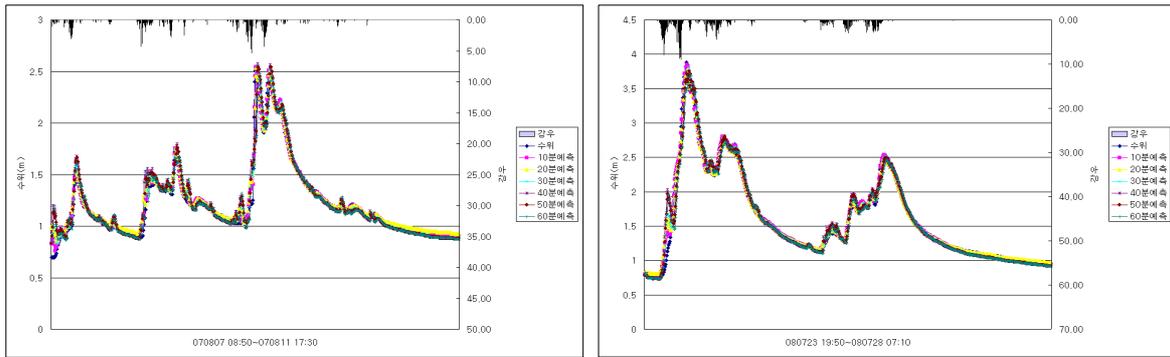


그림 2. 통계적 모형 적용성 검토(중랑천 2007년 8월, 2008년 7월)

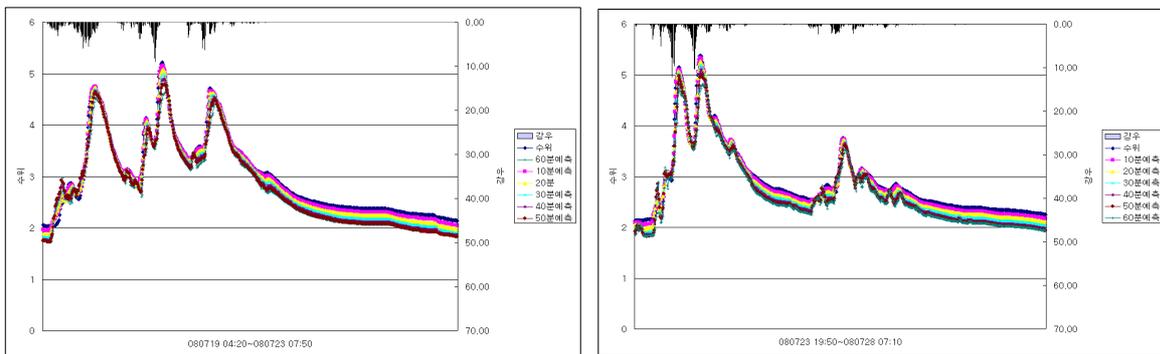


그림 3. 통계적 모형 적용성 검토(탄천 2008년 7월 19~23일, 23~28일)

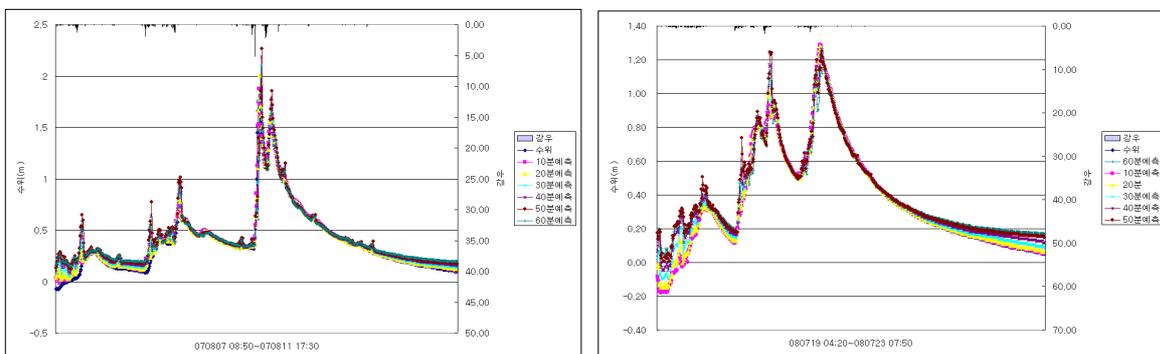


그림 4. 통계적 모형 적용성 검토(왕숙천 2007년 8월, 2008년 7월)

그림(2)~(4)에서 통계적 모형을 적용하여 각 지천에 대한 예측 수위를 산정한 결과 저수위 일때 고수위보다 실측값과의 오차가 더 커지는 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 주요 지천의 통계적 모

형은 홍수기 수위 예측을 위한 것으로 주요 홍수 사상을 대표사상으로 매개변수를 산정하였으므로, 이와 같은 결과가 나타난 것으로 생각 할 수 있다. 따라서 각 지천에 통계적 모형을 적용한 결과 예측 유량을 수위-유량 곡선식에 의해 수위로 환산하고 각 지점의 주의보 수위 및 경보수위를 고려하여 일정 수위 이상일 때의 오차 최대값을 정리한 결과는 다음 표와 같다.

표 2. 재산정 모형 적용시 수위 오차 최대값 (단위 : m)

	중랑천(2m이상)		탄 천(3m이상)		왕숙천(1m이상)		비고
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	
10분	0.37	0.21	0.97	0.34	0.32	0.15	
20분	0.65	0.30	0.73	0.57	0.63	0.26	
30분	0.77	0.43	0.58	0.71	0.69	0.34	
40분	0.69	0.49	0.67	0.85	0.75	0.44	
50분	0.79	0.61	0.70	0.89	0.90	0.46	
60분	1.06	0.79	0.74	1.14	1.15	0.56	

표(2)에서 예측 선행 시간이 길어질수록 오차의 최대값은 커지며, 1시간 후의 예측 수위는 실측값과 1m 이상 오차가 발생하는 경우도 발생하였다. 그러나 홍수예보 시에는 예측값 자체의 예측도 중요하지만 수위변화 경향을 예측하는 것도 중요하므로 실제 홍수예보 실무에 사용중인 지천홍수예보시스템에 재산정된 매개변수를 적용하여 각 하천에 대한 검토를 수행하였다.

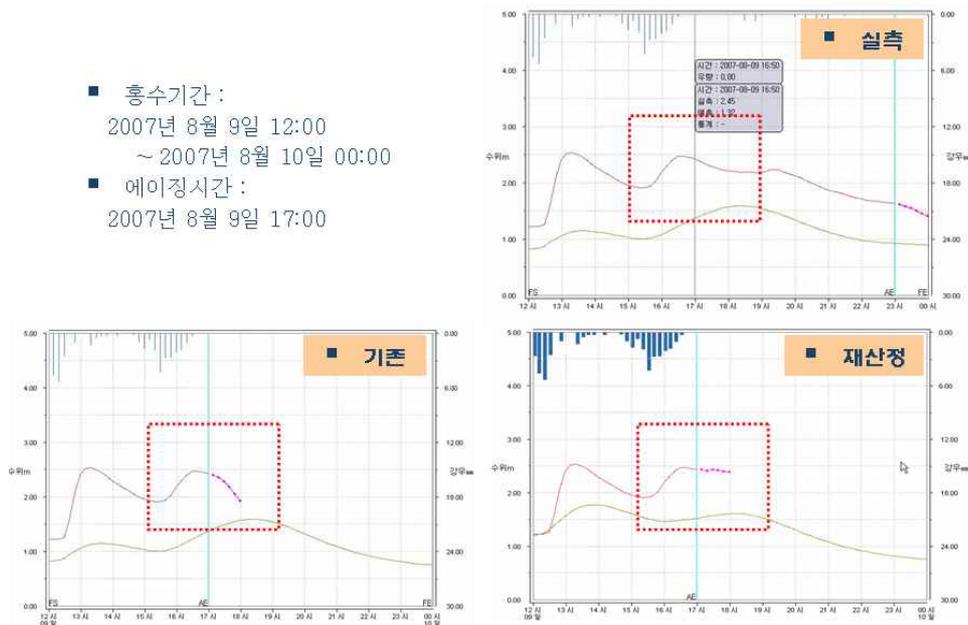


그림 4. 재산정 매개변수 지천홍수예보시스템 적용 결과(중랑천)

그림 (4)와 같이 2007년과 2008년의 주요 홍수사상에 대하여 지천홍수예보시스템을 이용해 예측을 수행한 결과 기존의 통계적 모형에 비해 실측 사상에 더 근접한 수위값 및 수위변화 경향을 나타내고 있는 것을 중랑천, 왕숙천, 탄천 각각의 하천에 대해서 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구는 한강수계 주요지천 중 홍수예보 대상인 중랑천, 탄천, 왕숙천이 유역면적이 작고 홍수도 달 시간이 짧아 대하천과 유출특성이 다르고, 충분한 홍수예보 선행 시간을 확보 할 수 없다는 한계를 보완하기 위해 구축된 통계적 예측모형의 예측 결과를 개선하기 위해 수행되었다. 기존 모형의 다중공선성을 감소시키고 한강홍수통제소의 10분 단위 실시간 수위, 우량 자료를 이용하기 위해 매개변수의 개수와 예측 선행시간을 조정하여 다중회귀식을 구축하였으며, 산정된 매개변수를 현재 홍수예보 업무에 사용중인 지천홍수예보 시스템에 적용하여 활용가능성을 검토하였다.

10분 단위 자료를 활용 가능한 2007년과 2008년의 유량과 유역 평균 강우량 중 비교적 수위가 많이 올라갔던 시기의 자료를 이용하여 매개변수를 산정하고 지천홍수예보 시스템에 적용한 결과, 기존의 통계적 모형을 이용한 결과를 개선하는 것으로 나타나 통계적 모형의 홍수예보업무 활용 가능성을 확인 할 수 있었다. 그러나 충분한 검토를 위한 자료 개수가 작고, 해당기간동안 큰 홍수 기록이 없기 때문에 향후에도 지속적인 검토와 개선이 필요할 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부 한강홍수통제소(2005). "주요지천 홍수예보 프로그램 개선"
2. 김경탁, 김주훈, 최윤석(2006). "중소하천유역에서의 홍수예보 및 예측에 관한 연구", 한국수자원학회 2006년도 학술발표회 논문집, pp.1126-1130