중소하천 홍수예측시 선행예보시간 확보방안 검토

Improvement of Lead Time of Flood Forecasting in the Mid-sized Basin

윤광석*, 황보종구**

Kwang Seok Yoon, Jong-ku Hwangbo

요 지

홍수로 인한 국민의 재산과 인명피해를 방지 또는 최소화하기 위한 방법으로 주요지점을 선정하여 홍수예보를 수행하고 있다. 이러한 홍수예보는 초기 강우법, 수위법 등의 단순한 방법으로 수행되었으나, 컴퓨터가 발달되면서 여러 형태의 홍수유출모형이 개발되어 현재에는 홍수유출모형을 이용한 홍수예보를 수행하고 있다. 그럼에도 불구하고, 중소유역의 유출은 도달시간이 짧으므로 인해서 선행예보시간을 확보하지 못해 홍수예보에 어려움이 많은 실정이다.

중소하천의 홍수예측 정확도를 높이기 위해서는 우선적으로 강우예측 정확도가 향상되어야 하나, 강우레이다 등에 의한 강우예측방법은 아직은 홍수예보 실무에 사용하지 못하는 실정에 있다. 따라서, 본 연구에서는 삽교천 유역을 대상으로 하여 선행예보시간을 확보할 수 있는 방안을 검토하였다.

이를 위하여 본 연구에서는 중소하천에서의 선행예보시간 확보를 위해 GCUH를 이용한 돌발홍수능을 산정하고, 강우-수위 관계를 통계적으로 분석하는 방안을 검토하였다. 검토 결과, GCUH 유도를 통한 돌발홍수능 산정 방법과 기왕의 홍수사상을 통계적 방법으로 분석한 결과를 이용하는 방안이 적용성이 있는 것으로 검토되었다. 이러한 방법들은 홍수예보업무를 수행함에 있어서 어려운 문제인 선행예보시간을 확보할 수 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는 것으로 판단된다.

핵심용어 : 홍수예측, 선행예보시간, 삽교천유역, GCUH, 돌발홍수능

1. 서 론

홍수로 인한 국민의 재산과 인명피해를 방지 또는 최소화하기 위한 방법으로 주요지점을 선정하여 홍수예보를 수행하고 있다. 이러한 홍수예보는 초기 강우법, 수위법 등의 단순한 방법으로 수행되었으나, 컴퓨터가 발달되면서 여러 형태의 홍수유출모형이 개발되어 현재에는 홍수유출모형을 이용한 홍수예보를 수행하고 있다. 그럼에도 불구하고, 중소유역의 유출은 도달시간이 짧으므로 인해서 선행예보시간을 확보하지 못해 홍수예보에 어려움이 많은 실정이다.

중소하천의 홍수예측 정확도를 높이기 위해서는 우선적으로 강우예측 정확도가 향상되어야 하나, 강우레이다 등에 의한 강우예측방법은 아직은 홍수예보 실무에 사용하지 못하는 실정에 있다. 따라서, 본 연구에서는 삽교천 유역을 대상으로 하여 선행예보시간을 확보할 수 있는 방안을 검토하였다.

강우-유출모형이 정확성은 어느 정도 향상되었으나, 중소하천의 유역특성상 예측결과를 홍수예보에 사용하기에는 시간적인 제약을 받으므로, 여타 강우-유출과 관련된 여러 가지 변수들의 상관관계를 분석함으로써 예측하고자 하는 유역의 특성을 반영한 개략적인 예측 도표를 활용하도록 하는 것이 본 연구의 목적이다.

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원·E-mail : ksyoon@kict.re.kr
* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 학생연구생(인하대학교 대학원 석사과정)·E-mail : hbjong9@kict.re.kr

2. GCUH와 돌발홍수능 개념을 이용한 예보방안

2.1 GCUH 개요

Rodriguez-Iturbe 등(1982)은 유역의 지형적 요소와 유역내 강우특성을 반영하여 지형기후학적 단위유량도GCUH(GeomorphoClimatic Unit Hydrograph)를 다음과 같이 제안한 바 있다. GCUH는 삼각형 분포로 가정되고, 이에 대한 변수로 하천차수를 고려한 유역면적, 평균 유효강우강도, 유로연장, 수로길이비, 하천 평균경사, 평균폭 및 조도계수를 반영하여 얻어진 첨두유량과 첨두발생시간은 식(1)과 (2)에 나타낸 바와 같다.

$$Q_p = 2.42 \frac{i_r A_\Omega t_r}{\Pi_i^{0.4}} \left(1 - \frac{0.218 t_r}{\Pi_i^{0.4}}\right) \quad (1)$$

$$T_p = 0.585 \Pi_{0.4}^{i} + 0.75 t_r \quad (2)$$

여기서,

$$\Pi_i = \frac{L_\Omega^{2.5}}{(i_r A_\Omega R_L \alpha_\Omega^{1.5})} \quad (3)$$

$$\alpha_\Omega^{1.5} = \frac{S_\Omega^{0.5}}{(n b_\Omega^{2/3})} \quad (4)$$

A_Ω: 최고차 하천의 유역면적, 즉 유역의 면적 (㎢)

i_r : 평균 유효강우강도 (㎝/hr)

L_Ω : 최고차 하천의 유로연장 (㎞)

R_L : 수로길이비(임의의 차수의 수로길이와 다음 낮은 차수 하천의 평균길이 비)

S_Ω : 유역에서 최고차 하천의 평균경사

b_Ω : 유역에서 최고차 하천의 평균 폭 (m)

n : Manning의 조도계수

또한, Rodriguez-Iturbe 등(1982)은 단위도의 기저시간 t_b를 식(5)와 같이 제안했다.

$$t_b = 2/q_p \quad (5)$$

2.2 삽교천 유역내 수위관측소에 대한 GCUH 유도

삽교천 수계의 수위관측소중 수문자료가 존재하고, 유량측정성과가 있는 원평, 창소, 강청, 수촌 지점에 대한 수문자료를 수집하여 GCUH를 유도하였다. 삽교천 유역 수위관측소 현황은 그림 1에 나타낸 바와 같다.

GCUH 산정을 위하여 식(7)과 식(8)을 이용하여 각 지점의 첨두유량 및 첨두발생시간을 산정하였으며 이를 위한 입력치는 표 1에 보인 바와 같고, 표 1의 값을 입력하여 유도된 각 지점별 GCUH의 첨두유량, 첨두발생시간 및 기저시간은 표 2에 나타낸 바와 같다. 이와 같이 유도된 단위도를 과거 호우사상에 적용하여 비교한 결과는 그림 2와 같다. 그림에 나타낸 바와 같이 원평과 수촌지점에 대해서 GCUH에 의해서 작성된 수문곡선과 실측치를 비교한 결과, 어느 정도 적용가능성을 확인할 수 있었으나, 몇 개 호우사상에 대한 실측치와의 비교결과는 만족스럽지 않았다. 이는 수문자료의 문제가 내포되어 있기도 하지만, GCUH가 우리나라의 유역특성이나 하도특성을 전부 반영한 것이 아니라는 점에서 일부 개선의 여지도 있다는 것을 나타내는 것으로 판단된다.

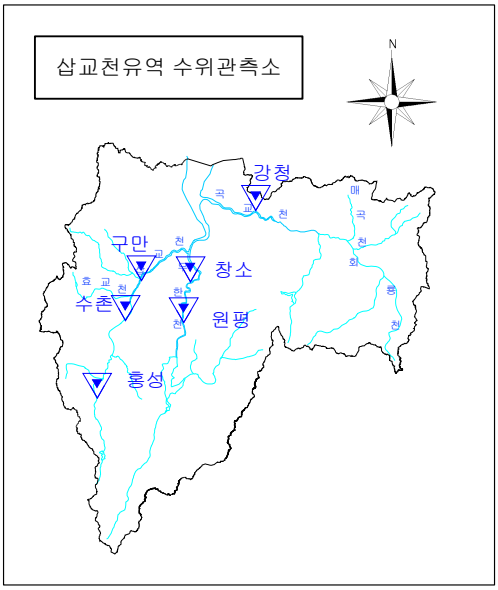


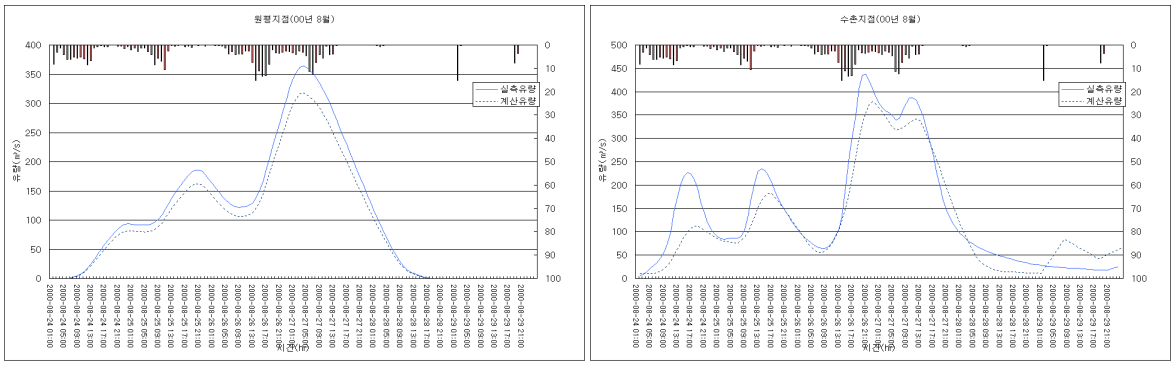
그림 1. 삽교천 유역 수위관측소 현황

표 1. GCUH 산정을 위한 지점별 지형특성치

지점명	최고차 하천 평균폭, b_Ω (m)	최고차 하천 평균 하상경사, S_Ω (m/m)	최고차 하천 유로연장, L_Ω (㎞)	평균강우강도, i_r (㎝/hr)	유역면적, A_Ω (㎢)	수로길이비, R_L
원평	289.03	0.000782	16.71	0.206	404.0	1.85
창소	291.66	0.000746	37.15	0.206	451.0	1.93
강청	522.48	0.000468	26.73	0.206	481.0	1.93
수촌	308.54	0.001135	10.19	0.206	215.0	1.89

표 2. 지형기후학적 단위유량도

지점명	단위도 첨두유량 Q_p (㎥/s)	첨두유량 발생시간 T_p (hr)	단위도 기저시간 t_b (hr)
원평	42.21	11.67	42.85
창소	30.08	22.34	84.73
강청	38.62	18.62	70.15
수촌	50.08	6.8	23.79



(a) 원평지점 (b) 수촌지점

그림 2. 대상 지점에 대한 GCUH 적용 결과

2.3 홍수예보 해당 돌발홍수능 산정

홍수예보시 한계유출량은 예보지점에서 홍수주의보, 홍수경보가 발령되는 경계홍수위 및 위험홍수위에 해당되는 유출량으로 하는 것이 합리적일 것으로 보인다. 이는 실제 홍수예보 업무에서 사용되는 기준홍수량이기 때문이다. 또한, 신속한 홍수예보업무가 수행되기 위해서는 기존의 강우-유출모형에 의한 방법으로는 선행예보시간의 확보가 어려운 만큼 현재까지의 강우량만으로 경계홍수위나 위험홍수위에 도달하는 지속시간별 강우량을 산정하는 것이 바람직할 것이다. 표 3은 각 지점별 경계홍수위 및 위험홍수위 해당 유량과 이러한 유출량을 발생시킬 수 있는 강우지속시간별 유효우량 및 총강우량을 나타낸 것이다. 유효우량에 상응하는 총강우량은 식(6)에 나타낸 바와 같이 SCS 방법으로 산정하였다.

$$R_e = \frac{(R_T - I_a)^2}{(R_T - I_a) + S} \qquad (6)$$

여기서,

R_e : 유효우량(㎜)

R_T : 총우량(㎜)

I_a : 강우 초기의 손실우량

S : 유역의 최대잠재보유수량

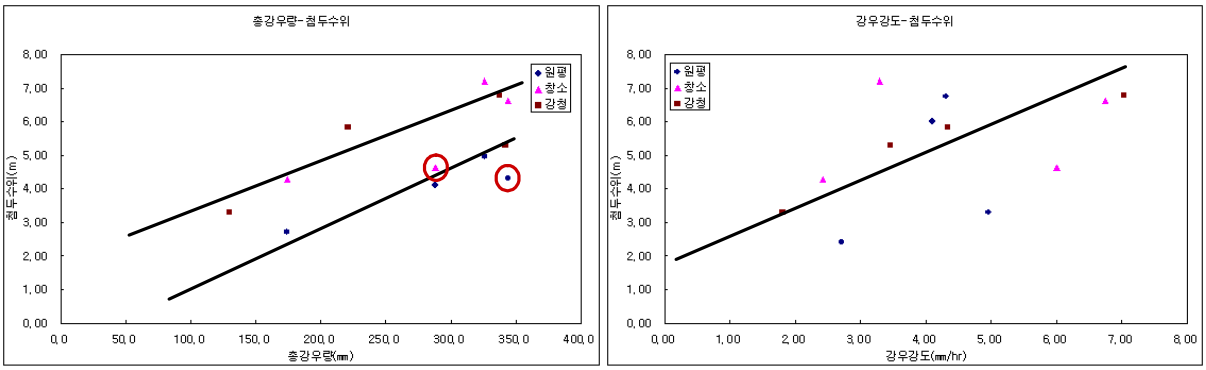
표 3. 경계홍수위 및 위험홍수위에 해당되는 돌발홍수능 산정결과

지점	지속시간 (hr)	경계홍수위 해당유량 (㎥/s)	경계홍수위 해당 돌발홍수능				위험홍수위 해당유량 (㎥/s)	위험홍수위 해당 돌발홍수능			
			유효우량 (㎜)	총강우량(㎜)				유효우량 (㎜)	총강우량(㎜)		
				0.2S	0.1S	0.0S			0.2S	0.1S	0.0S
원평	1	675.5	64.7	130.0	122.8	115.7	945.7	90.5	155.8	148.6	141.5
	3		103.1	173.5	166.4	159.3		144.3	214.7	207.6	200.5
	6		138.9	211.9	204.7	197.5		194.5	267.5	260.3	253.1
창소	1	740.0	135.7	209.0	201.9	194.8	1036.0	144.6	217.9	210.8	203.7
	3		210.6	287.3	280.3	273.1		227.5	304.2	297.2	290.0
	6		283.7	362.3	355.2	348.0		397.2	475.8	468.7	461.5
강청	1	1,185.0	167.0	241.6	234.5	227.4	1659.0	169.0	243.6	236.5	229.4
	3		266.6	344.4	337.3	330.2		266.6	344.4	337.3	330.2
	6		354.9	434.3	427.2	420.1		496.9	576.3	569.2	562.1
수촌	1	1,070.0	118.7	190.2	183.0	175.9	1498.0	166.2	237.7	230.5	223.4
	3		192.2	267.8	260.7	253.6		269.1	344.7	337.6	330.5
	6		263.7	341.4	334.3	327.2		369.2	446.9	439.8	432.7

3. 통계적 방법에 의한 홍수예보 방안

삽교천은 유역면적이 비교적 작은 하천으로 강우가 짧은 시간에 집중되면 상류로부터 예보지점까지 도달시간이 짧아 홍수예보시 선행시간 확보에 어려움이 따른다. 이러한 문제점 때문에 수위가 급격하게 상승할 경우 홍수주의보를 발령하지 않고 바로 홍수경보를 발령할 수 있도록 하천법시행규칙을 개정한 바 있다. 이러한 제도적인 개선과 더불어 강우예측자료에 의존해야 하는 삽교천 홍수예측모형의 취약성을 보완하기 위하여 과거의 수문자료의 분석을 통한 통계적인 예측방안을 검토하였다.

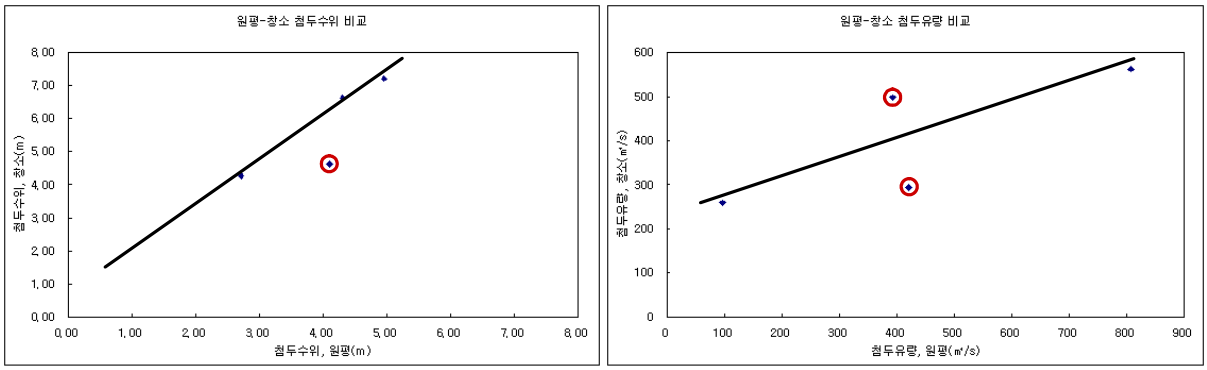
그림 2는 삽교천 유역홍수사상에 대한 강우와 유출의 상관성을 나타낸 것이다. 그림에 보인 바와 같이 수위관측소별 총강우량 및 강우강도와 첨두수위가 어느 정도 상관관계가 있음을 알 수 있다. 이는 실측 강우량만으로도 예보 지점의 수위를 어느 정도 예측할 수가 있어 선행예보시간을 확보하는데 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.



(a) 총강우량-첨두수위 (b) 강우강도-첨두수위

그림 3. 강우량과 첨두수위 상관관계 분석

그림 4는 상·하류간에 있는 수위관측소에 대한 수위자료를 분석한 것이다. 분석 대상 지점은 무한천 상류의 원평지점과 직하류에 있는 창소 지점이다. 그림에 보인 바와 같이 수문자료의 불확실성이나 한정된 자료개수로 인하여 분석결과에 한계는 있으나, 중소하천에서 상하류간의 수위는 상당한 상관성이 있음을 보여주는 사례라고 볼 수 있다.



(a) 첨두수위 (b) 첨두유량

그림 4. 원평-창소 지점의 첨두수위 및 첨두유량 상관성 분석

4. 결 론

본 연구에서는 중소하천에서의 선행예보시간 확보를 위해 GCUH를 이용한 돌발홍수능을 산정하고, 강우-수위 관계를 통계적으로 분석하는 방안을 검토하였다. 검토 결과, GCUH 유도를 통한 돌발홍수능 산정 방법과 기왕의 홍수사상을 통계적 방법으로 분석한 결과를 이용하는 방안이 적용성이 있는 것으로 검토되었다. 이러한 방법들은 홍수예보업무를 수행함에 있어서 어려운 문제인 선행예보시간을 확보할 수 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는 것으로 판단된다.

그러나, 수문자료의 신뢰성이나 부족으로 인해 발생하는 신뢰성 문제를 해결하기 위해 추가적인 연구가 필요하며, 이를 위하여 수문자료가 양호가 소유역들에 대해서 돌발홍수능 및 통계적 방법에 의한 유출분석이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 금강홍수통제소(2004). 금강홍수예경보.
2. Rodriguez-Iturbe, I., M.G. Sanabria and R.L. Bras.(1982) A Geomorphoclimatic Theory of the Instantaneous Unit Hydrograph. *Water Resources Research*, Vol.18, No.6, pp.913-920.