

# 부산시 지방하천의 돌발홍수능 산정

## Flash Flood Guidance Estimation for Busan's Local River

손태석\*, 강동호\*\*, 임용균\*\*\*, 박재범\*\*\*\*, 신현석\*\*\*\*\*

Tae Seok Son, Dong Ho Kang, Yong Kyoum Im, Jae Beom Park, Hyun Suk Shin

### 요 지

본 연구에서는 부산시 44개 지방하천을 대상으로 하여 홍수량 산정지점을 기준으로 175개의 소단위지구의 한계유출량을 산정하기 위하여 지형상관인자를 소단위지구별로 조사하였다. 한편, 한계유효강우는 한계홍수량에 해당하는 돌발홍수능(FFG, Flash Flood Guidance)을 산정하기 위한 전단계로 김홍태(2009) 등이 지형수문단위도 개발에서 제시한 KGCUH 공식을 이용하여 유역규모 50km<sup>2</sup>을 기준으로 구분하여 적용하였다. 빈도별 지속시간별 한계유효강우를 산정하였으며, SCS유효우량 산정법을 이용하여 부산시 44개 지방하천 175개의 소단위지구별 및 빈도별(2, 10, 30, 50, 80, 100년) 돌발홍수능을 산정하였다.

**핵심용어 : 한계 유출량, 한계 유효강우, 돌발홍수능**

## 1. 서 론

최근 기후변화에 따른 기상이변으로 인한 집중호우와 태풍 등에 의해 짧은 지속시간 동안에 기록적인 강우량을 기록함에 따라 홍수방어시설의 설계수문량을 초과하는 홍수로 인한 피해가 증가하고 있다. 특히 지형이 좁고 경사가 급한 유역에서 느리게 유역을 통과하는 호우나 동일한 국지지역 내에서 반복적으로 움직이는 집중호우로 짧은 시간 내에 하천수위의 급격한 상승을 유발하는 홍수로 정의되는 돌발홍수는 최근 많은 인명과 재산피해를 초래하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 도시화로 인한 돌발홍수의 위험에 노출된 부산시 지방하천 전체를 대상으로 한계유출량, 한계유효강우를 산정하고 돌발홍수능을 산정하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 한계 유출량 산정

한계유출량은 토양이 완전 포화된 상태에서 소하천의 제방을 월류하기 시작하여 홍수를 일으키기 시작할 때의 유효우량으로 정의되며, 이는 유역과 하천의 특성에 따라 좌우된다. 따라서 한계유출량은 단위도의 침투유량에 유역면적 A와 유효우량을 곱한 값이 유역출구에서의 제방월류유

\* 정회원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 박사과정 · E-mail : tsshon1@hanmail.net  
\*\* 준회원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 석사과정 · E-mail : icemanbal@hanmail.net  
\*\*\* 준회원 · 울산광역시청 · E-mail : number1lim@hanmail.net  
\*\*\*\* 준회원 · (주) Wems · E-mail : jbpark72@hanmail.net  
\*\*\*\*\* 정회원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 부교수 · E-mail : hsshin@pusan.ac.kr

량과 동일하다는데 근거 하에 산정될 수 있다. 즉 단위도의 기본개념이 특정 단위시간 동안 균일한 강도로 유역전반에 걸쳐 균등하게 내리는 단위 유효우량으로 인해 발생하는 직접유출 수문곡선이므로 유효우량은 한계유출량에 해당하게 된다.

부산시 지방하천별 홍수량 산정지점을 기준으로 175개의 소단위지구의 한계유출량을 산정하기 위하여 지형상관인자를 소단위지구별로 조사한다. 이때의 지형상관인자는 유역면적 A, 하천연장 L, 하도경사 S, 그리고 지점별 빈도별 홍수량이다. 이 지형상관인자의 정리가 끝나면 A, L, S와 유량 Q에 대한 회귀식을 만들어 상관관계를 분석한다. 유량 Q와 A, L, S의 회귀식은 아래 식과 같다.

$$y = a \times (x_1^b) \times (x_3^c) \times (x_2^d)$$

여기서  $x_1$ 은 유역면적 A,  $x_2$ 는 하천연장 L,  $x_3$ 은 하도경사 S를 나타낸다. 본 연구에서는 지형상관인자의 상관성을 높이기 위하여 앞서 분할되었던 지형적, 유역특성별로 부산시 지방하천을 4개의 권역(동부산, 수영강, 중부산, 낙동강 권역)으로 나누어 계수들을 산정하였다. 이 지형상관인자를 이용하여 한계유출량을 산정하였다. 다음 <표 1.>은 부산시 지방하천 중 수영강권역의 한계유출량 상관계수이다.

표 1. 수영강권역 한계유출량 상관계수

수영강권역 $y = a \times (x_1^b) \times (x_3^c) \times (x_2^d)$											
구분	Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q30	Q50	Q80	Q100	Q150	Q200
a	7.31863	3.72821	4.94718	6.65749	59.91851	34.47438	38.98433	42.44992	44.33465	48.13620	76.38498
b	1.37633	0.56638	0.61268	0.60857	0.97309	0.72991	0.72953	0.72977	0.72953	0.72792	0.72662
c	0.75403	-0.66612	-0.94856	-0.92092	0.45011	0.10655	0.11155	0.10493	0.10503	0.10717	0.48923
d	-1.00279	0.17673	0.01342	0.01404	-0.48479	-0.02191	-0.02271	-0.02277	-0.02294	-0.02307	-0.01141

## 2.2 한계 유효강우 산정

한계유효강우를 산정하기 위해 적용한 최적화기법은 Nelder-Mead법을 기초로 하였으며, 해당 최적화기법은 도함수를 사용하지 않고 함수 값만 사용하여 매끄럽지 않은 목적함수를 다루는 직접탐색법이다. Nelder-Mead법의 최적화를 통해 빈도별 지속시간별 한계유효강우를 산정하였다.

## 2.3 돌발홍수능 산정

돌발홍수능은 현재의 토양수분 조건에서 돌발홍수가 발생할 때까지 내리는 단위시간당 유역면적 평균강우량이다. 본 연구에서는 SCS유효우량 산정법을 홍수피해발생 잠재위험도의 개념을 확률론적입장과 가득 가능성을 고려하여 해당지구의 지속시간별(1hr, 2hr, 6hr, 12hr), 빈도별(2년, 10년, 30년, 50년, 80년, 100년) 돌발홍수능을 산정하였다.

## 3. 적용 및 결과

### 3.1 한계 유출량

부산시 각 권역별 한계유효강우 상관계수를 이용하여 각 소단위 지구별 한계 유출량을 산정하였다. 다음 <표 2.>은 부산시 대표적 도시하천인 온천천의 한계 유출량을 나타내고 있다.

표 2. 온천천 한계 유출량 (단위 : m<sup>3</sup>/s)

구분	ON0	ON1	ON2	ON3	ON4	ON5	ON6	ON7	ON8	ON9
Q1	15.46	12.86	19.46	21.33	96.38	0.24	26.63	29.84	38.52	35.74
Q2	22.65	31.51	46.74	62.21	112.33	101.20	111.99	134.35	163.68	182.01
Q5	39.93	54.80	79.99	105.21	185.45	167.79	184.91	220.18	266.09	294.60
Q10	51.82	70.74	102.63	134.39	234.72	212.71	234.05	277.91	334.83	370.09
Q20	133.00	135.02	189.40	545.51	28.86	28.86	289.82	323.71	389.68	386.55
Q30	105.93	135.10	185.78	373.88	300.00	300.00	359.03	411.61	479.74	515.65
Q50	118.98	151.57	208.40	419.03	334.55	334.55	401.78	460.37	536.36	576.14
Q80	130.55	166.43	228.78	460.64	367.87	367.87	441.98	506.71	590.62	634.83
Q100	136.26	173.67	238.70	480.53	383.38	383.38	460.96	528.43	615.90	661.96
Q150	147.17	187.41	257.43	517.25	412.37	412.37	495.99	568.31	662.06	711.28
Q200	154.25	190.78	266.84	500.00	411.44	411.44	465.81	518.89	590.45	613.22

### 3.2 한계 유효강우

한계 유출량의 최적화를 통하여 각 소단위 지구별 한계 유효강우를 산정하였다. 다음 <표 3.>은 온천천의 한계 유효강우를 나타내고 있다.

표 3. 온천천 한계 유효강우 (단위 : mm)

수계	단위지구	A	CN	S	2년	10년	30년	50년	80년	100년
온천천	ON0	5.6	73.0	93.95	5.27	12.13	24.85	27.92	30.64	31.98
	ON1	8.07	75.0	84.67	7.82	17.63	33.72	37.84	41.55	43.36
	ON2	12.49	74.0	89.24	8.20	18.06	32.72	36.71	40.30	42.05
	ON3	17.14	75.0	84.67	6.53	14.13	39.34	44.10	48.48	50.57
	ON4	32.98	75.0	84.67	6.85	14.32	18.30	20.41	22.44	23.39
	ON5	29.38	76.0	80.21	10.69	22.50	31.74	35.40	38.93	40.57
	ON6	32.87	77.0	75.87	11.29	23.63	36.25	40.57	44.63	46.55
	ON7	40.21	77.0	75.87	11.92	24.68	36.56	40.89	45.01	46.94
	ON8	50.04	78.0	71.64	11.51	23.55	33.75	37.73	41.55	43.33
	ON9	56.28	79.0	67.52	10.52	21.41	29.83	33.33	36.73	38.30

### 3.3 돌발홍수능

한계 유효강우를 이용하여 지속시간별(1hr, 2hr, 6hr, 12hr), 빈도별(2년, 10년, 30년, 50년, 80년, 100년) 돌발홍수능을 산정하였다. 다음 <표 4.>는 온천천의 지속시간 1시간의 돌발홍수능이고, <그림 1.>은 온천천의 지속시간별(1hr, 2hr, 6hr, 12hr) 그래프이다.

표 4. 온천천 들발홍수능 (1hr)

(단위 : mm)

수계	단위지구	A	CN	S	2년	10년	30년	50년	80년	100년
온천천	ON0	5.6	73	93.95	37.01	51.02	71.38	75.81	79.62	81.48
	ON1	8.07	75	84.67	43.43	61.22	84.89	90.44	95.33	97.68
	ON2	12.49	74	89.24	43.86	61.48	83.01	88.4	93.15	95.43
	ON3	17.14	75	84.67	40.62	55.36	92.43	98.64	104.22	106.85
	ON4	32.98	75	84.67	41.33	55.69	62.3	65.63	68.74	70.17
	ON5	29.38	76	80.21	49.53	69.29	82.68	87.7	92.43	94.59
	ON6	32.87	77	75.87	51.05	71.47	89.37	95.14	100.43	102.9
	ON7	40.21	77	75.87	52.22	73.04	89.79	95.56	100.92	103.4
	ON8	50.04	78	71.64	51.85	71.81	86.48	91.89	96.97	99.3
	ON9	56.28	79	67.52	50.35	68.99	81.49	86.41	91.07	93.19

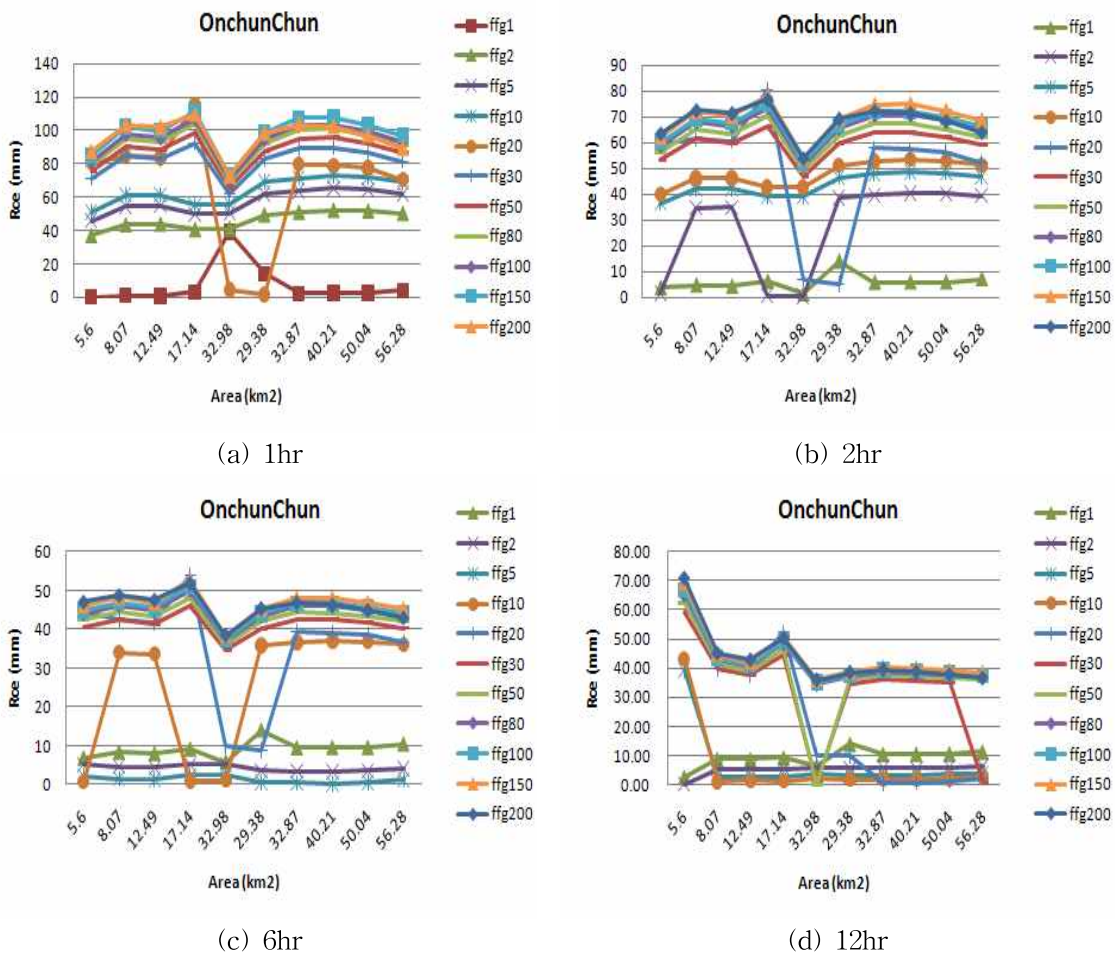


그림 1. 온천천 지속시간별 들발홍수능

4. 결론

본 연구에서는 부산시 44개 지방하천을 대상으로 하여 하천정비 기본계획의 홍수량 산정지점

을 기준으로 175개의 소단위지구의 한계유출량을 산정하기 위하여 지형상관인자를 소단위지구별로 조사하였다. 소단위지구별 지형상관인자를 정리하고 회귀식을 만들어 상관관계를 분석하였다. 한계유효강우는 한계홍수량에 해당하는 돌발홍수능(FFG, Flash Flood Guidance)을 산정하기 위한 전단계로 김홍태(2009) 등이 지형수문단위도 개발에서 제시한 KGCUH 공식을 이용하여 유역규모 50km<sup>2</sup>을 기준으로 구분하여 적용하였다. 최적화를 통해 빈도별 지속시간별 한계유효강우를 산정하였으며, SCS유효우량 산정법을 이용하여 부산시 44개 지방하천 175개의 소단위지구별 및 빈도별(2, 10, 30, 50, 80, 100년) 돌발홍수능을 산정하였다. 분석 결과 지속시간이 짧아질수록, 빈도가 커질수록 돌발홍수능이 커지는 것을 확인할 수 있었고, 온천천의 경우 ON3, ON6, ON7 지점에서 비교적 돌발홍수능이 큰 지점임을 확인할 수 있었다. 따라서 온천천 ON3, ON6, ON7 지점에 돌발홍수를 대비한 구조적, 비구조적 대책이 필요할 것으로 사료된다. 또한 본 연구를 바탕으로 하여 각 하천별 소단위지구별 돌발홍수능이 높은 지점에 홍수예방대책이 필요한 것으로 사료된다.

본 연구 분석방안을 이용하여 부산시 소단위 지구별 홍수피해발생 잠재위험도 산정 활용 방안 에 대하여 검토 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 신현석, 강두기, 송영현(2006), 실시간 수문 모니터링을 통한 해안도시 돌발홍수 예정보 검증 연구, 대한토목학회 정기학술대회 전문학회 세미나, pp. 5-8.
2. 신현석, 김홍태, 박무중(2004), GIS와 GCUH를 이용한 돌발홍수 기준우량 산정의 타당성 검토 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 407-424.
3. 김운태(2003), 수문학적 돌발홍수능 평가기법 개발, 석사학위논문, 세종대학교.
4. 김진훈(2007), 한국형 돌발홍수 예정보모델 개발, 박사학위논문, 세종대학교.
5. 온천천 하천정비기본계획 보고서(2004), 부산광역시.