

## 강우시 도시 하수관거통수능부족 해소를 위한 우수저류시설의 적용

### Application of Stormwater Detention Facilities for Lacking Capacity of Sewers

김영란\* · 김진영 · 황성환

Kim, Young-Ran\* · Kim, Jin-Young · Hwang, Sung-Hwan

서울시정개발연구원 도시환경연구부

(2004년 2월 13일 접수, 2004년 5월 14일 최종수정논문 채택)

#### Abstract

For the last two decades, Seoul has always been affected by large floods. As climate change causes more frequent localized heavy rains exceeding the capacity of sewer or river to discharge water, flood damage is expected to increase. Under the situation, detention facilities for lacking capacity of sewers can control stormwater runoff to reduce flood damage in urbanized areas.

In this study, in order to reduce flood damage in Cheonggyecheon areas, the capacity of detention facilities was decided to make up for the lacking capacity of main sewers in case of the rainfall in July, 2001 as large flood. The average amount of stormwater detained in eight Cheonggyecheon drainage areas is 235.09m<sup>3</sup>/ha. Location and size of stormwater detention facilities is designed to have effects in short term by targeting the reduction of flood damage. Schools and parks are suggested as optimal locations where detention facilities are constructed in drainage areas.

**Key words:** detention facilities, lacking capacity of sewers, flood damage, stormwater runoff, Cheonggyecheon basin

**주제어:** 우수저류시설, 하수관거통수능부족, 침수피해, 우수유출, 청계천유역

#### 1. 서론

도시화에 따른 환경변화와 산업화가 기후를 변화 시키면서 홍수와 같은 자연재해가 빈번해 지고 있으며 이에 따른 피해도 증가하고 있다. 서울시는 과거 20년간의 대홍수에 의하여 주로 하천변과 저지대를

중심으로 큰 침수피해가 상습적으로 발생하였다 (2001수해백서, 2002). 이러한 침수는 재해성 집중호우가 큰 원인이지만 도시화현상 중에서 특히 불투수율의 증가에 따른 강우도달시간의 감소, 유출첨두의 증가 등으로 인하여 저지대의 하수관거 병목지점에서 우수가 배제되지 못하고 지체되면서 인근지역에 피해

\*Corresponding author Tel.: +82-2-2149-1159, Fax: +82-2-2149-1199, E-mail: yrkim@sdi.re.kr (Kim, Y.R.)

를 일으켰다(상습침수해소를 위한 하수도시설기준 재검토, 2002). 이러한 침수피해를 줄이기 위해서는 기존 우수배수시스템의 용량을 증대시키거나 발생한 우수를 일시적으로 저류하여 유출첨두를 낮추는 방법이 있다(Ben Urbonas, 1982). 우수배수시스템의 용량을 증대하는 것은 치수적 측면에서 방류하천의 통수능만 충분하다면 가장 적극적이고 확실한 방법이지만 이미 하수관거보급이 완료된 서울시의 우수배수용량을 전체적으로 증가시키는 것은 재정적으로나 시간적으로 어렵고 침수피해 저감의 신속한 방안으로 적합하지 않으며 비경제적으로 될 가능성이 크다. 이에 비해 도시내에 저류시설을 설치하는 방안은 기존의 배수시스템을 유지하면서 지역이 가지고 있는 우수배수용량 이상으로 발생하는 강우에 대해 대처할 수 있으므로 이미 개발이 완료된 도시구역에 적절하게 적용할 수 있다(安藤雅成, 1992; 小傳 清 2001). 지금까지 서울시는 도시내에서의 지표면유출을 줄이기 위하여 1995년에 「우수유출을 저감대책」을 시작으로 1998년에 「우수유출 저감시설 기준연구」를 거쳐 2000년에는 「우수유출저감시설 시범사업 검토연구」를 실시하여 왔다.

본 논문은 서울시의 다른 지역에 비해 시가화비율이 크고 도시의 자원, 인구, 경제활동이 집중되어 있으며 향후 하천 및 하수도의 계획규모를 초과하는 국지성 호우에 의해 침수피해규모가 커질 것으로 예상되는 청계천 유역을 대상으로 하여 과거 홍수사상에 대응할 수 있도록 도시내의 우수저류시설을 적용하는 방안을 연구하였으며 결과로서 우수저류시설용량 산정과 설치장소를 주요 내용으로 제시하였다.

## 2. 연구절차 및 방법

우수저류시설용량은 서울시의 과거 호우사상 중에서 가장 규모가 큰 2001년 7월 강우(2001수해백서, 2002)에 대응하고 상습침수지역의 피해를 최소화시킬 수 있는 저류량으로 산정한다. 이에 저류량은 청계천배수구역내 발생한 우수에 대한 하수관거 통수능을 분석하여 산정하고, 또한 저류시설의 설치장소는 공간의 활용성이 높은 공원 및 학교를 대상으로 하여 하수관거용량을 초과하는 우수를 적절하게 저류할 수 있는 장소로 검토하였다. 이와 함께 저류시설을 통한

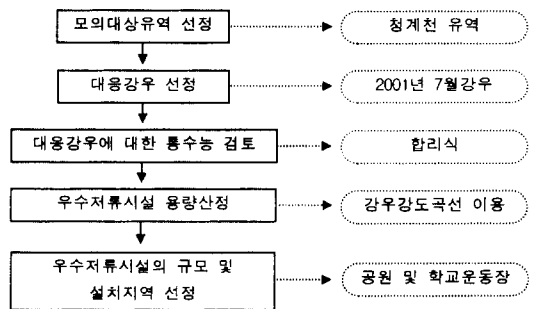


Fig. 1. 연구절차 및 방법

효과분석으로서 침수피해 저감효과에 대해 분석하였다.

Fig. 1에 침수피해를 막기 위한 우수저류시설 설치방안의 연구절차를 나타내었다.

도시내에서의 침수피해를 방지하기 위한 우수저류시설의 용량산정은 다음과 같은 절차에 의하여 실시하였다.

- (1) 모의 대상구역 선정: 도심지역이면서 향후 국지적인 호우에 침수가 예상되는 청계천 배수구역을 본 연구의 대상구역으로 선정하였다.
- (2) 대용강우선정: 기왕의 강우사상 중에서 가장 규모가 컸던 2001년 7월의 강우를 청계천 배수구역에서 침수가 발생하지 않을 목표강우로 선정하였다.
- (3) 대용강우에 대한 통수능검토: 하수관거 통수능평가는 기존의 합리식을 사용하였다(Kuichling, 1889). 유역에서 발생하는 우수에 대한 관거통수량의 부족분을 산정하는 것으로서 계산식은 다음과 같다.

$$Q_1 = \frac{1}{360} C \cdot I \cdot A \quad \text{식(1)}$$

여기서  $Q_1$ : 계획우수 유출량( $m^3/sec$ )

C: 유출계수

I: 강우강도(mm/hr)

A: 배수면적(ha)

$$Q_2 = a \cdot V \text{ (관거의 통수능)} \quad \text{식(2)}$$

여기서 a: 관거단면적( $m^2$ )

V: 관거의 유속( $m/sec$ )

식(1)에서 유출계수 C는 2001년 토지용도에 따른 총괄유출계수를 사용하였고, 강우강도(I)를 산정하기 위한 도달시간은 Kerby식을 사용하였다.

식(2)에서의  $V$ 는 관거유속으로서 Kutter식을 사용하였으며 식(3)과 같다

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{I}) \cdot \frac{n}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{RI} \quad \text{식(3)}$$

여기서,  $V$ : 유속(m/sec)     $I$ : 동수경사  
 $n$ : 조도계수                       $R$ : 경심(m)

(4) 우수저류용량 산정 : 하수관거통수능 평가에 의한 우수저류용량은 식(4)로 산정하였다(流域貯留施設等技術指針, 1993). 우수저류용량  $V_i$ 는 강우강도 곡선을 사용하여 구하며 임의  $t_i$ 에 대한  $V_i$ 값을 구하고 최대  $V_i$  값이 되는 조절용량을 우수저류용량으로 하였다. 이것은 Fig. 2의 저류시설 소요용량과 같다.

$$V_i = \frac{1}{360} \left( I_i - \frac{1}{2} I_c \right) \cdot 60 \cdot t_i \cdot C \cdot A \quad \text{식(4)}$$

여기서,  $V_i$ : 우수저류용량( $m^3$ )  
 $I_i$ : 강우강도곡선상의 임의지속시간에 대한 강도(mm/hr)

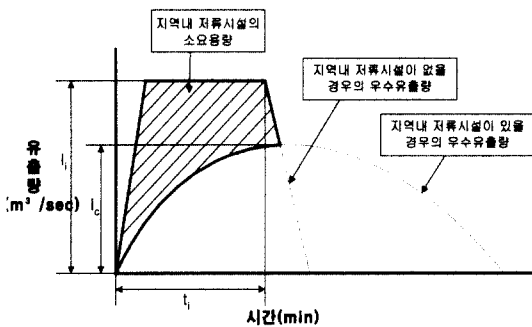


Fig. 2. 도시지역내 우수저류시설의 소요저류용량

$I_i$ : 관거허용방류량  $Q_i$ 에 대한 강우강도(mm/hr)  
 $t_i$ : 강우지속시간(분)  $C$ : 유출계수  $A$ : 배수면적(ha)

(5) 우수저류시설의 규모 및 설치지역 선정 : 도시화된 지역에 우수저류시설을 설치할 수 있는 부지를 확보하는 것은 어렵다. 그러므로 시가지에서 지하공간이 넓게 확보되어 있어 이용할 수 있고 유지관리가 쉬운 공원과 학교를 우수저류시설 설치대상지로 검토하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 청계천유역 현황

청계천은 중랑천의 제1지류이며 지방1급의 유역면적 50.96km<sup>2</sup>, 유로연장 10.92km인 도시하천으로서 오랫동안 서울의 중심적 역할을 담당하여 왔을 뿐만 아니라 문화와 경제부분에 중요한 역할을 수행하여

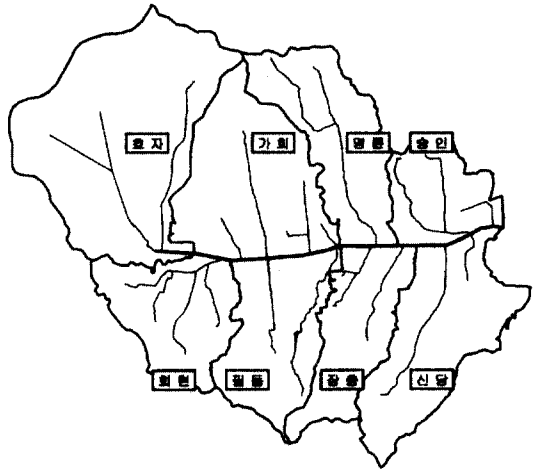


Fig. 3. 청계천유역의 배수분구 현황

Table 1. 배수분구별 유역면적 및 도달시간 현황

배수분구 (ha)	유역면적 (분)	도달시간 (ha)	배수분구 도달시간	유역면적 (분)	도달시간
효자	520.9	50	명륜	230.6	36
회현	193.5	25	잠촌	179.2	30
가회	310.8	49	송인	134.9	16
필동	217.5	23	신당	271.7	30

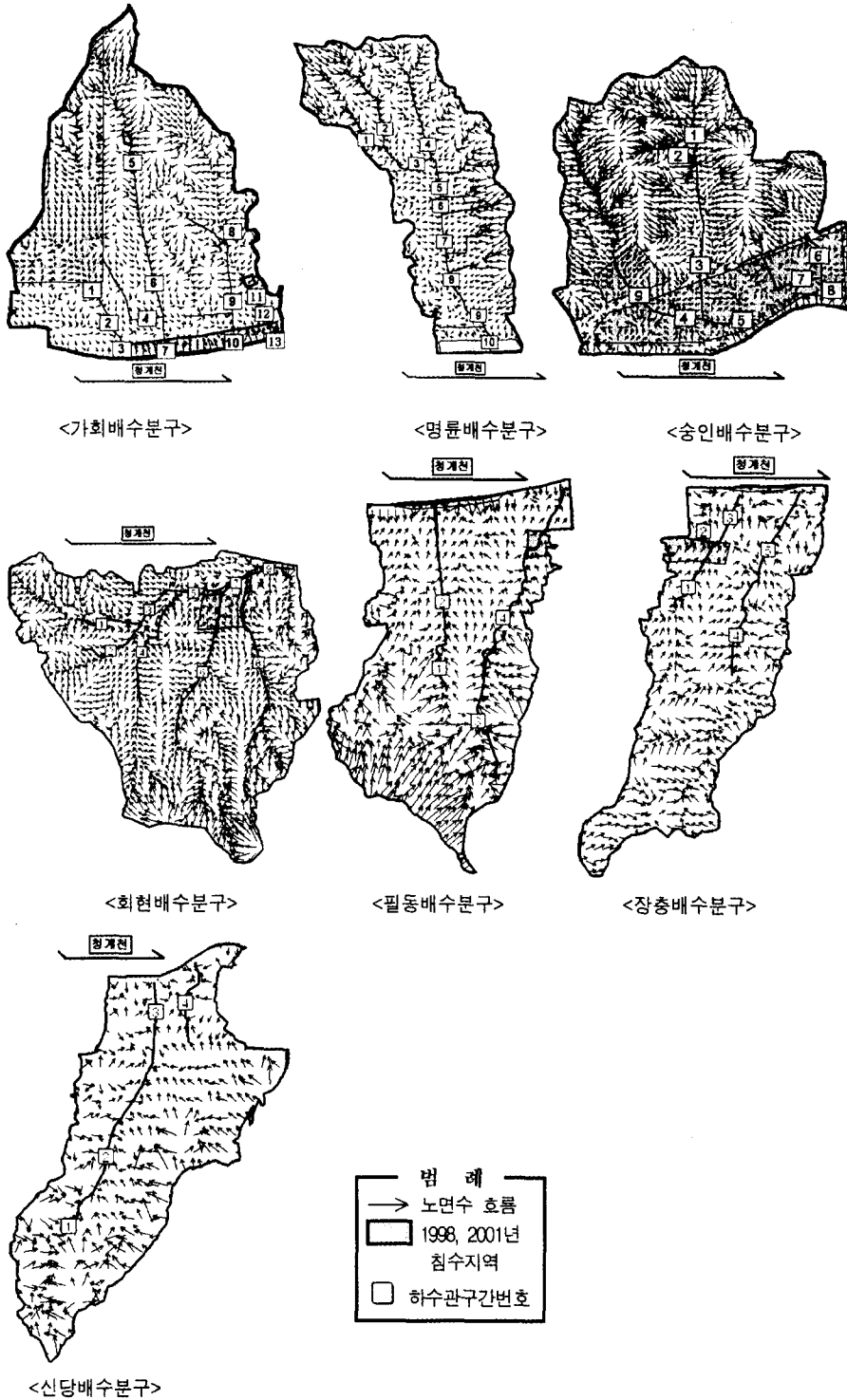


Fig. 4. 청계배수구역의 배수분구별 노면수흐름 및 침수지역

다른 지역에 비하여 도시화가 빨리 이루어졌다. 또한 이 지역은 도시계획이 아닌 자연발생적으로 형성되었으며 자연공원을 제외하면 녹지가 없고 대부분 주거지역과 상업지역등의 불투수면으로 되어 있다.

본 논문의 분석대상은 정릉천과 성북천 합류이전의 청계배수구역에 포함된 8개의 배수분구이다.

이들 8개 배수분구는 유역면적이 135~521ha이며 도달시간은 16~50분의 범위를 가지고 있으며, 배수분구별 유역면적과 도달시간은 Table 1과 같다.

청계천유역의 8개 배수분구에 대해 나타내면 Fig. 3과 같다.

### 3.2. 2001년 강우에 대한 하수관거통수능 평가

청계천유역의 집중호우에 대한 침수안전도를 향상시키기 위하여 기왕 강우사상 중에서 큰 규모인 2001년 7월에 발생하였던 강우에 대응하여 침수피해를 방지할 수 있는 우수저류시설 용량을 검토하였다.

강우자료는 서울시의 '1998 수해백서'와 '2001 수해백서'에서 제시된 강우강도식에 의한 지속시간별

재현기간 10년의 강우강도와 2001년도 강우량을 강우강도로 환산한 값을 이용하였다. 2001년 7월 강우량자료는 청계천 유역의 강우관측소 중에서 가장 큰 관측값을 나타낸 종로구청의 자료를 이용하였으며, 각 유역의 도달시간 중에서 유입시간은 Kerby의 공식을 적용하고 유출계수는 토지이용도에 따른 총괄유출계수로서 산출하였다.

대상범위는 청계배수구역내 관련자료를 획득할 수 없는 효자배수분구를 제외한 7개 배수분구이며, 각 배수분구의 1998년과 2001년의 침수지역현황, 노면수흐름 및 관거현황은 Fig. 4와 같다.

2001년 7월 강우시에 발생한 청계배수구역의 주요 침수원인은 하수관거 통수능 부족으로서 상류지역의 노면수가 하수관거로 제대로 배제되지 못하여 저지대로 일시에 유입되고, 저지대에서는 급격히 증가된 노면수를 기존의 하수관거가 신속하게 배제시키지 못하고 지체되는 상황이 되풀이됨으로서 인근지역이 대홍수시마다 상습적으로 침수되고 있다. 이러한 상황은 하수관거만으로 생활오수의 배제기능과 치수·방재

Table 2. 배수분구별 하수관거통수능 부족관거 현황

배수분구	구분	하수관거			유역 최대유출량 (CMS)	하수관거통수능 부족량 (CMS)	
		부족지점	관거형태 및 규격(m)	통수능 (CMS)			
가회	2	4	■(1.5×2.0)	11.09	14.40	3.31	
			■(1.5×1.5)	10.59	14.66	4.07	
	5	6	■(1.5×1.5)	5.85	8.30	2.45	
			■(2.4×1.5)	15.72	15.50	0.22	
	7	9	■(2.5×2.5)	25.67	37.93	12.26	
			■(1.8×1.6)	11.45	15.49	4.04	
	10		■(2.5×1.8)	20.83	26.30	5.47	
	명륜	9	10	■(6.0×2.0)	34.70	57.77	23.07
				■(6.0×2.0)	52.03	67.28	15.25
송인	5		■(3.5×3.0)	27.67	31.11	3.44	
회현	5		■(2.5×2.0)	22.1	22.23	0.13	
필동	2	4	■(1.8×1.8)	25.6	28.79	3.19	
			■(3.0×2.0)	32.2	33.18	15.98	
장충	1		⊙(1.5)	12.4	14.28	1.88	
신당	3		■(2.8×3.0)	49.4	50.66	1.26	

주) ■구형관거, ⊙원형관거

Table 3. 배수분구별 소요되는 우수저류시설 용량

배수분구	구분 지점	관거 지점	배수면적 (ha, A)	도달시간 (분, t)	유출계수 (C)	허용방류량 (CMS, Q <sub>c</sub> )	허용강우강도 (mm/h, I <sub>c</sub> )	강우강도 (mm/h, I)	저류시설용량 (m <sup>3</sup> , V)
가회	2	45.8	10	0.82	11.09	106.3	138.0	5,316	
	4	53.3	10	0.72	10.59	99.7	138.0	5,616	
	5	35.9	30	0.63	5.85	93.1	132.0	9,667	
	6	66.1	40	0.67	15.72	127.8	126.0	-	
	7	135.2	50	0.83	25.67	82.2	121.5	75,272	
	9	58.0	40	0.76	11.45	93.1	126.0	23,445	
	10	90.3	40	0.83	20.83	99.8	126.0	38,123	
명륜	9	200.5	40	0.82	34.7	75.7	126.0	97,015	
	10	230.6	40	0.83	52.03	97.4	126.0	99,038	
송인	5	105.7	20	0.77	27.67	122.7	138.0	20,729	
회현	5	77.8	20	0.74	22.1	137.2	138.0	13,414	
필동	2	20.7	20	0.75	25.6	122.7	138.0	19,192	
	4	23.5	20	0.74	17.2	71.5	138.0	29,500	
장충	1	22.1	20	0.76	12.4	119.9	138.0	9,690	
신당	3	29.3	30	0.68	49.4	128.7	132.0	46,719	

기능을 동시에 확보하는 것은 한계가 있음을 보여주는 것이며, 또한 국지성 장기호우로 규모가 점차 커지고 있는 강우양상에 대처하기 위해서는 각 지역에서 발생한 우수는 해당지역에서 신속하게 처리하여 인근지역에 피해를 줄일 수 있는 우수저류시설이 필요하다라는 것을 나타내고 있다.

2001년 7월 강우로 발생한 우수유출량에 대하여 실시한 청계천 7개 배수분구의 하수관거통수능 분석결과 중에서 통수능이 부족한 하수관거만을 지점별로 나타내면 Table 2와 같다.

분석결과에서 7개 배수분구의 하수관거 통수능 총 부족량은 96.02m<sup>3</sup>/sec로 나타났다. 이들 배수분구의 통수능부족량을 비교하여 살펴보면 명륜배수분구가 23.07m<sup>3</sup>/sec로서 가장 크며 다음으로 가회배수분구로서 21.04m<sup>3</sup>/sec인 것에 대해 회현배수분구는 0.13m<sup>3</sup>/sec로서 가장 작은 것으로 분석되었다.

### 3.3. 2001년 강우에 대응하는 우수저류시설 용량 산정

청계천유역의 2001년 7월 강우에 대해 하수관거 통수능 이상의 우수량을 처리하는 저류시설용량은 식

(4)로 산정하였다. 여기서 2001년 7월 강우에 대한 강우강도를 산정하여 임의지속시간에 대한 강우강도 I<sub>c</sub>를 구하고 각 하수관거지점의 관거통수능에 해당하는 허용강우강도 I<sub>c</sub>를 합리식으로 역산하여 계산하였다.

산정결과 나타난 침수피해를 방지하기 위하여 설치해야 하는 배수분구별 우수저류시설 용량은 Table 3과 같다.

2001년 7월 강우에 대하여 청계천유역이 기존의 하수관거통수능을 유지하면서 침수가 발생하지 않도록 하기 위하여 필요한 총저류용량은 356,990.0m<sup>3</sup>로 분석되었으며 이를 배수분구의 단위면적당으로 나타내면 235.09m<sup>3</sup>/ha이다. 이는 청계천유역에서 1ha당 235.09m<sup>3</sup>의 우수유출량을 저류시키면 대홍수인 2001년 7월 강우에 대해 침수가 발생하지 않는다는 것을 나타내는 것이다.

### 3.4. 우수저류시설용량 산정 및 설치지역 선정

청계천유역에서 우수저류시설의 침수방지효과를 높이기 위해서는 상습침수지역 및 하수관거용량이 부족한 구간을 대상으로 우수저류시설을 설치하여야 한

Table 4. 배수분구별 저류시설 설치 가능한 학교 및 공원 현황

배수분구	구분	학교			공원		
		면적 (m <sup>2</sup> )	개소수	평균면적 (m <sup>2</sup> /개소)	면적 (m <sup>2</sup> )	개소수	평균면적 (m <sup>2</sup> /개소)
가회		48,294	6	8,049	14,412	8	1,802
명륜		23,792	3	7,930	161,460	7	23,066
송인		11,245	3	3,748	20,020	5	4,004
회현		28,124	9	3,124	10,137	11	922
필동		16,510	2	8,255	4,234	3	1,411
장충		4,439	1	4,439	226,213	3	75,404
신당		60,394	11	5,490	55,240	8	6,905

Table 5. 2001년 7월 강우의 하수관거통수능부족 해소를 위해 필요한 저류용량 및 시설면적

배수분구	저류량 <sup>1)</sup> (CMS)	저류할 용량 <sup>2)</sup> (m <sup>3</sup> )	저류가능면적 [공원+학교] (m <sup>2</sup> )	저류시설면적 (m <sup>2</sup> )		
				저류깊이 5m	저류깊이 10m	저류깊이 15m
가회	21.04	118,710	62,706	23,742	11,871	7,914
명륜	23.07	99,037	185,252	19,807	9,904	6,602
송인	3.44	20,728	31,265	4,146	2,073	1,382
회현	0.13	13,413	38,261	2,683	1,341	894
필동	19.17	48,692	20,744	9,738	4,869	3,246
장충	1.88	9,690	230,652	1,938	969	646
신당	1.26	46,719	115,634	9,344	4,672	3,115
Total	69.99	356,989	684,514	71,398	35,699	23,799

주) 1) 및 2)는 각 배수분구의 동일노선 관거지점별 저류해야 하는 통수능부족량 중에서 침수피해를 최소화시킬 수 있는 가장 큰 저류용량으로 계산됨.

다. 그러나 서울과 같이 고도로 개발된 지역에서 저류시설이 필요한 인근지역에 지하저류공간을 확보하는 것은 우선적으로 지하매설물 이설, 교통, 시민생활불편 등의 문제를 해결하여야 하며, 이와 함께 저류시설의 유지관리가 쉬운 장소이어야 한다. 대안으로 제시될 수 있는 용지는 학교운동장과 공원 등이며 배수구역 전체적으로 분포하고 있고 넓은 면적을 가지고 있으므로 공간을 유효하게 활용할 수 있을 것이다.

따라서 배수분구별 저류시설의 설치가능성에 대해 검토하기 위하여 우선적으로 저류시설을 설치할 수 있는 학교 및 공원을 대상으로 조사하였다. 학교운동장 및 공원 등에서 저류가능면적은 “중랑천 비점오염원 관리대책연구(서울특별시, 2002)”에서 제시된 실제가능면적률의 조사결과를 적용하였다.

청계천유역 7개 검토대상 배수분구내에 저류시설 설치할 수 있는 학교운동장과 공원의 총면적과 개소

수, 그리고 평균면적을 나타내면 Table 4와 같다.

분석결과, 저류시설을 설치할 수 있는 장소로서 학교는 35개소로서 면적은 192,798m<sup>2</sup>이며, 공원은 45개소로서 491,716m<sup>2</sup>이다. 이 중에서 설치가능면적이 명륜배수분구와 장충배수분구에 위치한 학교와 공원의 면적이 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

2001년 7월 강우에 대한 하수관거 통수능 부족분을 처리하기 위하여 소요되는 우수저류용량과 이들 저류시설을 각각 5m, 10m, 15m 깊이로 설치할 경우에 필요한 저류시설면적과 배수분구내 학교와 공원시설의 저류가능면적에 대해 분석하였으며, 결과를 나타내면 Table 5와 같다.

우수저류시설의 깊이별 소요면적은 저류깊이 5m 일 때는 71398m<sup>2</sup>, 저류깊이 10m일 때는 35,699m<sup>2</sup>, 그리고 저류깊이를 15로 할 때는 23,799m<sup>2</sup>가 소요되는 것으로 나타났다. 또한 우수저류시설의 깊이별로 필요한 학교운동장과 공원의 개소수를 살펴보면 저류

깊이 15m의 우수저류지를 설치할 경우 배수분구별로 학교운동장 1개소가 소요되며, 공원은 1~5개소가 필요할 것으로 나타났다. 저류깊이 10m의 우수저류지를 설치할 경우, 배수분구별로 학교운동장은 1~2개소가 소요되며, 공원은 1~7개소가 필요하다. 또한 저류깊이 5m의 우수저류지를 설치할 경우에는 배수분구별로 학교운동장은 1~3개소가 필요하며, 공원은 1~14개소가 소요되는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 서울시의 대표적인 시가지인 청계배수구역의 침수지역을 대상으로 하여 하수관거용량을 초과하는 강우의 지표면유출을 최대한 저감시킴으로서 기존 하수관거에서 침수피해를 효율적으로 해소할 수 있는 우수저류시설의 용량과 설치장소에 대해 연구하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 청계배수구역의 7개 배수분구를 대상으로 2001년 7월 강우에 대한 하수관거 통수능을 평가한 결과, 많은 하수관거가 통수능이 부족하고 기존의 하수관거만으로는 최근의 기상이변에 의한 강우를 충분히 배제할 수 없으며, 이와 같이 하수관거 통수능 부족이 원인이 되어 발생하는 침수피해를 방지하기 위해서는 배수분구별로 0.13~23.07(CMS) 정도를 하수관거 이외의 수단으로 배제시켜야 하는 것으로 나타났다.

2) 청계천유역과 같이 도시화지역에는 침수방지대책으로 하수관거로 배제할 수 없는 우수는 저류시설로 처리하는 방안이 적절하며, 이때 침수방지를 위하여 필요한 총저류용량은 356,992.58m<sup>3</sup>로서 분석되었으며 이를 배수분구의 단위면적당으로 나타내면 235.09m<sup>3</sup>/ha이다.

3) 우수저류시설은 배수분구별 깊이 10m로 학교 1~2개소의 운동장에 설치하면 기존 하수관거용량이나 하천통수능을 증대시키지 않아도 2001년 7월 강우의 침수피해를 충분히 방지할 수 있는 것으로 분석되었다. 또한 설치장소는 과거 침수피해규모가 큰지역과 하수관거용량이 크게 부족한 저지대를 중심으로 침수피해저감효율이 크게 나타날 수 있도록 우선순위를 결정하여야 한다.

4) 우수저류시설은 서울시와 같이 거의 하수관거보급이 완료되어 현실적으로 우수배제시스템의 통수능을 증대시킬 수 없는 지역에서 도시내의 항구적으로 침수피해를 저감할 수 있는 방안으로서 적절하게 적용될 수 있다.

#### 참고문헌

- 서울특별시 (2002) 2001수해백서, 3장 pp. 46-63.
- 서울특별시 (2002) "상습침수해소를 위한 하수도시설기준 제검토, pp. 9-18.
- 小傳 清 (2001), 土地區劃整備事業と雨水對策, 水循環(貯留と浸透), 雨水貯留浸透技術協會, Vol. 41, pp. 48-53.
- 安藤雅成 (1992), 大阪府における雨水貯留浸透事業の現狀(-寝屋川流域綜合治水對策における流域對策-), 雨水技術資料, 雨水貯留浸透技術協會, Vol. 3, pp. 78-108.
- 日本河川協會 (1993), 流域貯留施設等技術指針, 建設省河川局都市河川室(監修), pp. 45-48.
- Ben Urbanas, M. ASCE and Mark Glidden, M. ASCE (1982), Development of Simplified Detention Sizing Relationships, Proceedings of Conference on Stormwater detention facilities, New England College Henniker, August 2-6, Published by the America Society of Civil Engineers, pp.186-195.
- Kuichling, E. (1889) The Relation between the Rainfall and the Discharge of Sewers in Populous Districts. Transaction of ASCE, Vol.20, pp. 37-40.