

# 내수침수 방지를 위한 배수펌프 가동수위의 결정

이 원 환 \* 박 상 덕 \*\* 최 성 열 \*\*\* 심 재 현 \*\*\*

## 1. 서 론

서울특별시에서는 계속되는 고도의 산업화와 도시화로 인해 인구집중이 가속되어 주택지역과 상업지역이 하천연변의 저지대에서 생성, 발달됨에 따라 과거에 비해 재현기간이 적은 홍수에 대해서도 크고 작은 재산과 인명피해를 해마다 입고 있는 실정이다. 더군다나 선진국 대열로 진입하고 있는 우리나라의 수도에서 재산피해는 차치하고라도 인명피해가 해마다 생긴다는 것은 있을 수 없는 일이라 하겠다. 이에 대처하기 위해 서울특별시에서는 하천 연변 저지대에 총 61개소의 우수지와 배수펌프장을 설치하여 우수지로 내수유입량을 저류하여 일정수위를 초과하면 배수펌프를 가동시켜 내배수 처리를 하고 있다. 그러나 거의 대부분의 배수펌프장이 최초로 펌프를 가동하는 펌프가동수위는 하상의 토사가 펌프내로 유입되지 않는 수위로 정하고 있으나 홍수에 의한 유입량의 증가로 인해 배수펌프장이 보유한 펌프대수를 완전가동시키는 최대펌프가동수위에 대한 기준이 설정되어 있지 않고 단지 펌프장 관리자의 경험에 의해 운영조작을 하고 있는 실정이다.

물론 관리자의 경험에 의한 운영조작이 홍수에 의한 내수 유입량을 안전하게 배수시킬 수도 있으나, 운영조작의 미숙이나 실수로 야기될 수 있는 엄청난 홍수피해를 생각해 볼 때 불합리하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 배수펌프장의 운영조작의 첫단계로 재현기간에 따른 서울특별시의 설계호우에 의한 내수유입량을 침수를 방지하면서 적절하게 배수시킬 수 있는 배수펌프의 가동수위를 설정하고자 한다.

\* 연세대학교 토목공학과 교수, 공학박사 \*\* 연세대학교 부설 산업기술연구소 선임연구원, 공학박사 \*\*\* 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정

## 2. 설계강우량

본 연구에서는 강우의 시간적 분포는 두가지 방법을 사용하였는데 침 두강우가 발생하는 위치에 따라 4가지로 구분하는 통계적 방법인 Huff의 4분위법과 침두우량의 위치에 따라 강우양상을 결정하는 순간강우강도법 (Instantaneous Intensity Method)를 사용하였다. 또한 건설기술연구원의 연구에 따르면 서울지방의 강우양상은 보통  $r$  이 0.46에 위치하는 것으로 나타났기 때문에, Huff의 방법에서는 2분위의 경우와 순간강우강도법에서는  $r=0.46$ 에 대한 강우의 시간적 분포를 기준으로 하였다. 또한 강우의 지속기간은 도시수문사상에서 120분을 기준으로 하기 때문에 본 연구에서는 지속기간 120분의 재현기간별 설계강우를 사용하였다.

표 2.1 Huff의 방법에 의한 강우의 시간적 분포 (제 2분위)

강우지속 시간 (min)	재현기간		
	10	30	50
10	1.2	1.6	1.7
20	3.8	4.9	5.3
30	6.8	8.8	9.6
40	9.1	11.7	12.8
50	10.6	13.7	14.9
60	11.4	14.7	16.0
70	11.4	14.7	16.0
80	10.6	13.7	14.9
90	9.1	11.8	12.8
100	6.9	8.9	9.7
110	3.9	5.0	5.4
120	0.1	0.1	0.2

표 2.2 순간강우강도법에 의한 강우의 시간적 분포 ( $r=0.46$ )

강우지속 시간 (min)	재현기간			강우지속 시간 (min)	재현기간		
	10	30	50		10	30	50
5	1.8	2.1	2.3	65	5.1	6.5	7.1
10	1.9	2.2	2.4	70	3.9	5.0	5.4
15	2.0	2.4	2.6	75	3.4	4.1	4.5
20	2.2	2.6	2.8	80	3.0	3.6	3.9
25	2.3	2.8	3.0	85	2.7	3.3	3.5
30	2.5	3.0	3.3	90	2.5	3.0	3.2
35	2.8	3.4	3.7	95	2.3	2.8	3.0
40	3.2	3.9	4.2	100	2.2	2.6	2.8
45	3.8	4.7	5.1	105	2.1	2.4	2.6
50	5.0	6.5	7.1	110	2.0	2.3	2.5
55	8.1	11.4	12.3	115	1.9	2.2	2.4
60	19.9	24.7	27.2	120	1.8	2.1	2.3

으로 나타났기 때문에, Huff의 방법에서는 2분위의 경우와 순간강우강도 법에서는  $r=0.46$ 에 대한 강우의 시간적 분포를 기준으로 하였다. 또한 강우의 지속기간은 도시수문사상에서 120분을 기준으로 하기 때문에 본 연구에서는 지속기간 120분의 재현기간별 설계강우를 사용하였다.

### 3. 유출모형

본 연구에서는 최근에 도시지역의 유출해석에 많이 사용되고 있는 유출모형중에서 포장지역과 비포장지역 모두를 고려하여 해석할 수 있는 ILLUDAS (Illinois Urban Drainage Area Simulator) 모형과 배수시스템에 직접 연결된 포장지역의 유출만을 고려하는 RRL (British Road Research Laboratory Method) 모형을 서울특별시 관내 61개 우수지에 적용하여 유출해석을 실시하였다.

### 4. 우수지 추적모형

유출해석을 통해 계산된 유출량이 우수지에 유입되었을 때 유입량의 시간적 변화에 따라 배수펌프 대수를 조절하면서 내배수 조작을 실시하는 우수지의 추적모형중 본 연구에서는 수정 펄스방법 (Modified Puls Method : 일명 Storage Indication Method) 를 사용하였다. 특히 대부분의 우수지 유역의 자료가 추적모형을 적용하기 위한 상세한 자료가 부족하였기 때문에 다음과 같은 2 가지 가정을 설정하여 우수지 추적을 실시하였다.

- 1) 우수지의 형태는 저류용량을 저류가용수위로 나눈 면적을 가진 직육면체의 형태이다.
- 2) 펌프를 가동시키면 가동 즉시 설계펌프량의 전량을 배수하는 것으로 한다.

### 5. 비교고찰

서울특별시 관내 61개 우수지 및 배수펌프장 중에서 자료가 미비된 곳을 제외한 54개 우수지에 대해 재현기간 10, 30, 50 년의 설계강우를 가상의 홍수상황으로 생각하여 전술한 바와 같은 유출모형들에 의해 시간의 변화에 따른 유출량을 계산하고, 우수지 추적을 실시하였다. 각 우수지별로 펌프가동수위와 만수위의 차를 100 등분하여 최대펌프가동수위로 가정

표 5.1 유출모형별, 재현기간별 최대평균가동수위

재현기간	10				30				50			
	IH	II	RH	RI	IH	II	RH	RI	IH	II	RH	RI
용산 1	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	×	9.60	9.60	9.60	×
용산 4	9.70	8.03	9.70	×	9.48	×	×	×	8.51	×	×	×
한 남	10.50	×	×	×	9.43	×	×	×	×	×	×	×
십 원	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
뚝 도	10.35	×	9.48	×	10.35	×	×	×	10.35	×	×	×
용 담	9.75	9.13	9.39	×	9.75	×	×	×	9.75	×	×	×
자 양	13.50	×	13.50	×	×	×	×	×	×	×	×	×
옥 수	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
용 봉	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
근 자	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
송 정	13.50	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
금 호	10.50	×	10.50	×	×	×	×	×	×	×	×	×
송 두	13.70	×	13.40	×	13.74	×	×	×	×	×	×	×

주) IH : ILLUDAS 유출모형과 HUFF 의 시간분포를 사용한 경우

RI : RRL 유출모형과 순간강우강도법의 시간분포를 사용한 경우

주) × : 침수됨

(계 속)

재현기간	10				30				50			
	IH	II	RH	RI	IH	II	RH	RI	IH	II	RH	RI
취 경	14.40	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
답십 4	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
면 북	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	10.52	11.70	11.70	11.70	9.95
중 화	×	×	12.50	×	×	×	×	×	×	×	×	×
망원 1	7.50	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
합정 1	8.30	×	×	×	7.34	×	×	×	×	×	×	×
합정 2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
신정 1	6.00	3.26	6.00	×	3.98	×	×	×	×	×	×	×
신정 2	9.50	5.86	9.14	×	9.50	×	×	×	8.14	×	×	×
신정 3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
열창 1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
열창 2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
도림 2	7.00	×	×	×	7.00	×	×	×	5.69	×	×	×

(계속)

재현기간	10				30				50			
	III	II	RII	RI	III	II	RII	RI	III	II	RII	RI
유출모형	III	II	RII	RI	III	II	RII	RI	III	II	RII	RI
독 산	9.77	×	×	×	8.80	×	×	×	×	×	×	×
칠 산	8.00	×	×	×	8.00	×	×	×	7.45	×	×	×
시 흥	11.75	×	11.60	×	×	×	×	×	×	×	×	×
개 봉	9.00	9.00	6.95	×	9.00	9.00	×	×	9.00	9.00	×	×
구로 1	8.25	8.25	×	×	8.25	8.25	×	×	8.25	8.25	×	×
구로 2	8.80	8.80	×	×	8.80	8.19	×	×	8.80	×	×	×
구로 3	9.50	9.50	×	×	9.50	9.50	×	×	9.50	9.50	×	×
양 평	9.00	9.00	9.00	7.32	9.00	9.00	9.00	×	9.00	8.97	9.00	×
도립 1	9.50	9.50	9.50	×	9.50	9.50	9.50	×	9.50	9.50	8.70	×
도립 3	9.50	×	9.50	×	9.38	×	×	×	8.71	×	×	×
신 길	11.00	×	10.65	×	×	×	×	×	×	×	×	×
문 래	×	×	6.40	6.40	×	×	6.40	×	×	×	6.40	×
혹 식	10.70	×	10.15	×	×	×	×	×	×	×	×	×

(계속)

재현기간	10				30				50			
	III	II	RII	RI	III	II	RII	RI	III	II	RII	RI
유출모형	III	II	RII	RI	III	II	RII	RI	III	II	RII	RI
본 동	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
반 포	9.00	9.00	9.00	8.44	9.00	9.00	9.00	6.23	9.00	9.00	9.00	×
서 초	10.40	10.40	×	×	10.40	8.04	×	×	10.40	×	×	×
양 재	10.00	10.00	10.00	×	10.00	×	9.64	×	10.00	×	×	×
성 산	9.00	7.21	×	×	9.00	×	×	×	8.05	×	×	×
하 수	6.68	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
마 포	7.00	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
잠실 1	13.00	10.98	13.00	×	13.00	×	13.47	×	13.00	×	×	×
잠실 2	13.00	×	×	×	11.88	×	×	×	×	×	×	×
성내 1	12.00	8.84	11.80	×	10.72	×	×	×	8.92	×	×	×
성내 2	12.00	12.00	12.00	×	12.00	12.00	10.35	×	12.00	12.00	9.16	×
탄 천	11.60	11.60	11.60	×	11.60	11.60	×	×	11.60	11.60	×	×
암 사	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
전 농	11.50	11.50	11.50	11.29	11.50	11.50	11.50	8.63	11.50	11.50	11.50	×
장 안	9.50	×	8.66	×	8.07	×	×	×	×	×	×	×

하여 유수지 추적을 하였을 때 침수되지 않는 최대수위를 각 유출모형, 재현기간별로 나타낸 것이 표 5.1 이다. 이때 최대수위라는 것은 펌프를 가장 적게 사용하면서도 침수를 방지할 수 있는 최적의 가동수

위로 생각할 수 있다.

## 6. 결론

표 5.1에서 알 수 있는 바와 같이 많은 유수지 및 배수펌프장이 재현기간 10년의 설계강우에 대해서도 침수가 되는 현상을 보이고 있다. 유수지의 상태에 대한 초기가정이 저수위에 수위가 머물러 있고, 배수펌프가 효율 100%라는 사실을 고려해 볼 때 이러한 가상의 침수현상은 해마다 발생하는 크고 작은 홍수에 대한 대처에 매우 미흡한 상태라고 단정할 수 있다. 따라서 이러한 침수를 방지하기 위해서는 유수지 저류 용량과 펌프의 배수용량 및 펌프가동수위에 대한 보완이 필요하다고 생각된다. 우선 유수지의 저류용량 확보는 부지확보에 어려움이 있기 때문에 배수펌프의 용량 증대로 대처해야 할 것이며, 같은 용량이라도 큰 용량의 펌프설치 보다는 소량의 펌프를 여러 대 설치하는 것이 1~2대의 펌프의 고장에도 안정된 배수를 확보할 수 있다. 또한 펌프가동수위를 무조건 낮추는 것은 하상의 토사를 흡입되어 펌프효율에 영향을 줄 수 있으므로 신중하게 정해야 할 것이다. 마지막으로 펌프를 모두 가동시키는 최대펌프 가동수위는 유수지의 설계빈도 및 주변지역의 중요성을 고려하여 가급적 낮게 책정하는 것이 바람직하지만 펌프의 운전시간을 가급적 줄일 수 있는 최적의 수위를 책정하여 운영하는 것이 바람직하다고 하겠다. 또한 도시유역에서는 인명과 재산피해를 줄이기 위해서 재현기간 50년 이상의 빈도에 대해서도 내수침수가 일어나지 않도록 철저한 보완대책이 있어야 할 것으로 생각된다.

## 7. 참고문헌

- 1) 이원환, 수문학, 문운당, 1990.
- 2) 이원환, "한강홍수특성률 고려한 내배수 처리기법", 대한토목학회 논문집, pp.99~108, 1991.3.
- 3) 서울특별시, 한국수문학회, '87 수해백서, 1987.
- 4) 이근후, "폭우의 시간적 분포에 관한 연구", 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 1983.
- 5) 고재용, "유수지 운영의 문제점과 개선방안", 1988년도 도시수문학 심포지움 논문집, 한국수문학회, pp.6~16.