

도시 소유역에서 홍수조절용 펌프 및 조정지 규모의 결정 (동두천 지역을 중심으로)

⁰안태진* · 류희정** · 이재영*** · 조동호***

1. 서론

동두천시 수해상습지 종합치수대책 사업의 계획빈도를 살펴보면 간선 우수관거는 10년, 지선 우수관거는 5년 그리고 배수펌프는 5년 빈도로 하였다. 신천 외수위 조건을 분석하면 내배수시설은 강제배수로 계획하는 것이 타당하며 펌프용량은 5년빈도로 결정되어 조정지의 규모는 5년빈도 우수-유출량을 원활히 배제하는 것으로 분석되었다. 설치된 5년 빈도 펌프-조정지용량으로 10년빈도 강우-유출량을 배제하는데 필요한 조정지의 소요용량을 추정하여 설치된 내배수시설의 배수능력을 평가코자 하였다. 조정지의 소요용량을 추정함에 있어서 강우-유출 관계는 ILLUDAS모형을 적용하였고 강우의 시간적분포는 중앙집중형분포와 Huff의 4분위법을 고려하였다.

내수배제용 펌프용량이 결정된 상태에서 조정지의 소요용량은 각 강우지속기간과 고려하는 강우의 시간적분포에 따라 각각 다른 규모의 값으로 구해진다. 이종태 등(1993)은 조정지 용량과 총 유출량의 비를 저류비라 정의하여, 각 강우지속기간에 따라 유출수문곡선을 추정하여 총유출량을 결정하고, 내배수 홍수추적을 통하여 조정지 소요용량을 구하여 각 강우지속기간별 저류비를 계산하였다. 계산된 저류비 중 최대저류비를 나타내는 강우지속기간을 임계강우지속기간으로하고 또한 설계강우지속기간으로 확정하였다. 본 검토에서도 최대저류비를 기준으로 하여 계획강우지속기간, 펌프용량 및 조정지용량을 결정코자 하였다. 추가로 도시 소규모 배수구역에서 최대저류비에 의한 조정지 규모 결정 방법은 무리가 있어 내배수시설의 공사비 등을 고려한 결정방법의 필요성을 보여주고자 한다.

2. 동두천시의 내배수시스템 용량 평가

동두천시내 2000년에 준공된 13개소 펌프-조정지 시설 중 11개소인 생연1, 생연2, 중앙1, 중앙2, 보산1, 보산2, 보산3, 상패1, 상패2, 상패3, 상패4 펌프장을 택하였으며 각 펌프장의 유역면적, 펌프 용량 및 조정지 용량은 표 1과 같다. 이종태 등(1993)은 내배수 시스템의 기능을 우수지의 유효저류량과 배수펌프의 계획배수량의 비로 설명되는 저류량 배제시간으로 평가하였으며, 서울시에 건설

* 한경대학교 토목공학과 조교수

** 한경대학교 토목공학과 교수

*** 한경대학교 토목공학과 대학원 석사과정

된 63개 내배수시스템에서 우수지의 유효저류량과 유효저류량 배제시간을 근거로 하여 그 기능을 분석하였다. 서울시의 우수지 계획에 있어서 강우지속기간은 120분으로 하고 있어 저류량 배제시간이 120분 이내이면 우수지 기능보다는 주로 배수펌프 기능에 의존하고, 그렇지 않으면 우수지 기능에 의존한다고 볼 수 있다고 하였으며, 서울시 내배수시스템은 우수지 저류기능에 비하여 배수펌프 기능에 의존하는 시스템으로 설치되었다고 평가하였다. 표 1과 같이 동두천시내 설치된 각 내배수시설의 유효저류량 배제시간은 약 3분에서 약 20분 이내 이므로 배수펌프 기능에 크게 의존하고 있음을 알 수 있다.

우수관거 계획홍수량 결정시 일반적으로 배수구역내 도달시간으로 강우지속기간으로 하고 있다. 도달시간을 계획강우지속기간과 같이 두는 것은 침투손실이 낮은 지역, 즉 도시지역과 같이 불투수층이 대부분인 지역은 타당하다. 왜냐하면 불투수층 전지역이 최대유출량에 기여하기 때문이다. 그러나 침투손실이 많은 농경 및 산지지역에서는 침투홍수량을 발생시키는 강우지속기간은 도달시간 또는 집중시간보다 짧다(Chen 등, 1994). 미국토목학회(1992)는 우수관거 설계시 계획강우지속기간은 집중시간보다 같이 두거나 길게 두는 것으로 추천하고 있으나, 방재용 저류지 및 도시 내배수시설인 펌프와 우수지 용량을 설계하는 경우는 타당치 않다고 지적하였다. 그러므로 동두천시 종합치수대책에서 우수관거 설계시 강우지속기간을 도달시간으로 한 것은 타당하다.

펌프용량이 결정된 상태에서 각 강우지속기간에 따라 조정지의 소요용량은 다른 규모의 값으로 제시된다. 이종태 등(1993)은 조정지 용량과 총유출량의 비를 저류비라 정의하였다. 또한 각 강우지속기간에 따라 유출수문곡선을 추정하여 총유출량을 결정하고, 내배수 홍수추적을 통하여 조정지 소요용량을 구하여 각 강우지속기간별 저류비를 계산하였다. 계산된 저류비 중 최대저류비를 나타내는 강우지속기간을 임계지속기간으로하고 또한 설계강우지속기간으로 확정하고자 하였다. 내배수시설에서 배수펌프장의 능력이 결정된 상태에서 조정지의 저류용량은 각 강우지속기간에 따라 다르다. 본 검토에서는 지형 및 관거의 입력자료는 고정시키고 다만 각 강우지속기간에 따라 중앙집중형 및 Huff의 강우분포로 하여, Illudas 모형으로 유출해석을 하고 필요한 조정지의 유효저류량을 결정하였다. 선택된 강우지속기간은 20분, 30분, 40분, 50분, 60분, 90분, 120분, 180분, 240분, 300분, 360분이며 각 강우지속기간에 해당하는 저류비를 계산한 후, 최대저류비를 갖는 지속기간을 임계강우지속기간으로 하였다.

표 1은 동두천시 각 내배수시설의 규모와 최대저류비에 의한 임계강우지속기간과 소요 유효저류량을 나타내었다. 표 1과 같이 Huff 1분위 분포를 적용하면 생연1, 중앙2, 상패1, 상패2, 상패3 및 상패4지구 그리고 중앙집중형 분포를 적용하면 생연1, 중앙1 및 상패1지구는 10년빈도 강우-유출을 원활히 배수시킬 수 있는 시설이나, 나머지 지구는 10년빈도 강우-유출 배수에는 무리가 있음을 알 수 있다. 표 1과 같이 동두천시내 설치된 각 내배수시설의 유효저류량 배제시간은 약 3분에서 약 20분 이내 이므로 배수펌프 기능에 크게 의존하고 있음을 알 수 있다. 중앙집중형 및 Huff 분포형에서 최대저류비를 기준으로 한 임계지속기간은 60분인 경우가 대부분이며 1분위 분포형에 의한 저류비는 중앙집중, 2, 3 및 4분위 분포형 보다 작은 저류비를 나타내었다. 한편 Huff 형 강우분포에서 최대저류량을 기준으로 한 임계지속기간은 대체로 60분에서 120분 사이에 있다. 배수면적이 작고 배수펌프능력이 큰 경우 각 강우지속기간별 저류비는 뚜렷한 차이가 아니어서 최대저류비에 의한 계획강우지속기간을 결정하기에는 무리가 있음을 알 수 있었다.

경기도(2001)는 호우발생수가 가장 많은 2분위 강우분포를 의정부 강우관측소의 최적분포형으로 하였다. 본 분석에서는 Huff 제2분위 강우분포에 관하여 최대저류비를 기준으로 임계강우지속기간,

펌프용량 및 조정지용량을 분석하였으며 표 2에 그 결과를 요약하였다. 표 2와 같이 중앙2, 보산2 및 상패4지구에서는 펌프용량이 변화하더라도 임계강우지속기간은 일정하였으나 그 외지구는 변화된 펌프용량에 따라 다른 임계지속기간은 보여주고 있다.

3. 요약 및 고찰

동두천시내 계획된 각 지구의 내배수시스템은 5년빈도 강우-유출을 원활히 배수시킬 수 있는 시설이다. 5년빈도 강우-유출 배수를 위하여 설치된 생연1지구 및 중앙2지구의 내배수시설은 10년 빈도 강우-유출을 원활히 배수시킬 수 있는 시설이나, 나머지 지구는 10년빈도 강우-유출 배수에는 무리가 있음을 알 수 있다. 물론 내배수시설 배수능력 평가에서 우수관거의 저류용량은 무시되었으므로, 계획유효저류량에 추가하여 우수관거의 여유 저류용량이 확보된다면 내배수시설의 배수능력은 제고될 것이다.

동두천시 각 내수배수시설은 강우지속기간별 저류비의 차이는 미미하였다. 따라서 소규모 배수 구역에서 배수펌프기능을 강화한 펌프-조정지시설 규모 결정에 있어서 최대저류비에 의한 조정지 규모 결정에는 무리가 있음을 알 수 있었다. 이종태 등(1993)은 배수펌프의 기능이 추가 될 경우에는 계획강우지속기간을 30분으로 채택하는 것으로 서울지역에 관하여 추천하였다. 동두천시 내배수 시설의 능력 평가에 의하면 각 강우지속기간별 유효저류비의 차이가 미미하며 기존에 설치된 펌프 용량에 관한 임계강우지속기간은 표 1과 같이 대체로 30분에서 60분사이이다. 또한 최대저류비에 의하여 결정된 유효저류량의 펌프배제시간이 10분이내 인 경우가 많아 빈번한 펌프의 가동-종료가 요구되므로 펌프 운전이 어려움이 예상된다.

내배수시스템 설계에 있어서 펌프용량과 우수지용량은 서로 반비례하는 관계에 있다. 우수지의 용량이 크면 클수록 펌프의 용량은 작게 할 수 있으며, 반면에 우수지의 용량이 작아지면 펌프의 용량은 일정한 우수지 규모내에서 증대되어야 한다. 여기서 일정한 우수지 규모의 의미는 결정된 펌프 운영의 원활성을 보장할 수 있는 최소한의 우수지 용량이다. 그러므로 동두천시 내배수시설 계획에 있어서 펌프용량 결정시 배수구역내 도달시간을 계획강우지속기간으로 한 것은 수문학적으로 타당치 않다고 판단하여 표2와 같이 펌프용량별로 최대저류비를 기준으로 하여 임계강우지속기간 및 조정지 용량을 결정코자 하였으나 중앙2, 보산2 및 상패4지구는 동일한 임계강우지속기간을 나타내었고 그 외지구의 임계강우지속기간은 불규칙적으로 나타나 타당한 조정지 용량 및 임계강우지속기간을 결정하기가 어렵다. 그러므로 도시지역의 내배수시설의 규모는 펌프시설비, 우수지시설비, 용수매입비, 유지관리비, 펌프운전 등을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다고 판단된다.

4. 참고문헌

- 경기도 (1998). 신천수계하천정비기본계획
- 경기도 (2002). 경기도 치수대책 실태조사 및 장래계획 수립
- 이종태, 윤세의, 이재준, 윤용남 (1993). "우수지설계를 위한 계획강우의 임계지속기간. 한국수문학회, 한국수문학회지, 26권 1호
- ASCE (1992). *Design and construction of urban stormwater management systems.*
- Chen, C. N. and T. S. W. Wong (1993). "Critical rainfall duration for maximum discharge from overland plane." *J. of Hydraulic Engrg., ASCE, Vol. 119, No. 9.*

표 1. 펌프-조정지 내역 및 최대저류비에 의한 임계지속기간과 유효저류량 (10년빈도)

펌프- 조정지 시설	유역면적 (ha)	설계유효 저류량 (m^3)	설계펌프 배수량 (m^3/min)	중앙집중형		Huff 제1분위 분포		Huff 제2분위 분포		Huff 제3분위 분포		Huff 제4분위 분포	
				임계강우지 속기간 (min)	소요 유효저류량 (m^3)	임계강우지 속기간 (min)	소요 유효저류량 (m^3)	임계강우지 속기간 (min)	소요 유효저류량 (m^3)	임계강우지 속기간 (min)	소요 유효저류량 (m^3)		
생면 1	9.15	998.0(13.3)	75.0	30	223.5(3.0)	40	315.3(4.2)	30	487.8(6.5)	40	692.6(9.2)	40	659.3(8.8)
생면 2	11.93	454.0(5.0)	90.0	50	844.1(9.4)	50	640.1(7.1)	50	1233.0 (13.7)	60	1568.0(17.4)	60	1548.2(17.2)
중앙 1	14.00	413.0(2.8)	150.0	40	906.9(6.0)	40	768.6(5.1)	50	1722.6 (11.5)	60	2108.7(14.1)	50	1890.3(12.6)
중앙 2	7.42	644.0(7.2)	90.0	50	358.20(4.0)	60	284.4(3.2)	60	734.6(8.2)	60	832.7(9.3)	50	765.5(8.5)
보산 1	10.69	430.0(4.3)	100.0	40	616.55(6.2)	50	589.5(5.9)	50	1157.6 (11.6)	60	1500.8(15.0)	40	1053.8(10.5)
보산 2	3.29	368.0(18.4)	20.0	90	771.05(38.6)	50	431.4(21.6)	60	652.6(32.6)	120	937.7(46.9)	120	999.5(50.0)
보산 3	19.62	938.0(5.2)	180.0	60	1504.95(8.4)	50	994.7(5.5)	50	1987.1 (11.0)	60	2688.3(14.9)	60	2537.3(14.1)
상패 1	1.71	105.0(4.2)	25.0	30	85.45(3.4)	30	89.0(3.6)	40	213.3(8.5)	40	254.4(10.1)	30	190.8(7.6)
상패 2	6.25	264.0(4.1)	65.0	240	692.75(10.7)	—	—	120	380.2(5.8)	120	745.3(11.5)	120	718.8(11.1)
상패 3	3.50	136.0(2.7)	50.0	120	160.40(3.2)	30	104.6(2.1)	30	215.7(4.3)	40	359.9(7.2)	30	248.9(5.0)
상패 4	21.20	881.0(4.4)	200.0	240	2757.35 (13.8)	60	870.0(4.4)	60	2003.1 (10.0)	90	3316.2(16.6)	60	2362.5(11.8)

주: ()는 배제시간

표 2. 설계내역 및 최대저류비에 의한 펌프 및 조정지 산정 내역(Huff 2분위법, 10년 빈도)

지구명	유역면적 ha	설계 내역		최대저류비에 의한 내역			
		조정지용량, m ³	펌프용량 m ³ /min	펌프용량 m ³ /min	조정지용량 m ³	최대저류비	임계강우지 속기간, 분
생연1	9.15	998.0(13.3)* *: 배제시간	75.0	40	1393.1	0.4549	40
				50	1128.6	0.3686	40
				60	723.9	0.2944	30
				75	498.9	0.2029	30
				90	273.9	0.1114	30
				100	221.3	0.0723	40
생연2	11.93	454.0(5.0)*	90.0	60	1873.4	0.4136	40
				70	1817.8	0.3413	50
				80	1707.8	0.2833	60
				90	1233.0	0.2315	50
				100	982.5	0.1844	50
				110	627.0	0.1384	40
중앙1	14.0	413.0(2.8)*	150.0	120	2801.3	0.2569	60
				130	1908.9	0.2330	40
				140	1973.1	0.2048	50
				150	1722.6	0.1788	50
				160	1254.8	0.1531	40
				170	1105.4	0.1349	40
중앙2	7.42	644.0(7.2)*	90.0	60	1718.0	0.2817	60
				70	1356.0	0.2223	60
				80	1034.1	0.1696	60
				90	734.5	0.1204	60
				100	508.8	0.0834	60
				110	309.6	0.0508	60
보산1	10.69	430.0(4.3)*	100.0	70	2388.5	0.3146	60
				80	1694.3	0.2527	50
				90	1412.5	0.2107	50
				100	1157.5	0.1727	50
				110	776.3	0.1363	40
				120	626.0	0.1099	40

표 2. 설계내역 및 최대저류비에 의한 펌프 및 조정지 산정 내역(Huff 2분위법, 10년 빈도)(계속)

지구명	유역면적 ha	설계 내역		최대저류비에 의한 내역			
		조정지용량, m ³	펌프용량 m ³ /min	펌프용량 m ³ /min	조정지용량 m ³	최대저류비	입계강우지 속기간, 분
보산2	3.29	368.0(18.4)*	20.0	10	1231.4	0.5746	60
				15	914.6	0.4268	60
				20	652.6	0.3045	60
				25	402.1	0.1877	60
				30	221.1	0.1032	60
보산3	19.62	938.0(5.2)*	180.0	120	5988.2	0.3224	90
				140	3680.7	0.2525	60
				160	2544.3	0.1977	50
				180	1987.1	0.1544	50
				200	1713.0	0.1175	60
상패1	1.71	105.0(4.2)*	25.0	15	527.7	0.4056	50
				20	314.1	0.2820	40
				25	213.3	0.1915	40
				30	104.3	0.1164	30
				35	54.5	0.0608	30
상패2	6.25	264.0(4.1)*	65.0	35	2014.7	0.3655	90
				45	1323.5	0.2401	90
				55	726.5	0.1318	90
				65	380.2	0.0594	120
				75	67.2	0.0105	120
상패3	3.50	136.0(2.7)*	50.0	20	1413.0	0.5072	60
				30	694.5	0.3310	40
				40	468.5	0.2233	40
				50	215.7	0.1284	30
				60	115.5	0.0688	30
상패4	21.2	881.0(4.4)*	200.0	140	4294.4	0.2484	60
				160	3292.4	0.1904	60
				180	2597.1	0.1502	60
				200	2003.1	0.1158	60
				220	1488.6	0.0861	60