

도시 소유역에서 홍수조절용 펌프 및 우수지 규모의 결정

°안태진*/박종윤**/류희정***/김중훈***

1. 서론

이종태 등(1993)은 중규모 이상의 배수면적을 갖는 내수배제시설에서 우수지 용량과 총유출량의 비를 저류비라 정의하고 최대저류비를 기준으로 하여 계획강우지속기간 및 우수지용량을 결정하였다. 계산된 저류비 중 최대저류비를 나타내는 강우지속기간을 임계강우지속기간으로 하고 또한 설계강우지속기간으로 확정하였다. 서울시(1991)의 수방시설현황에 의하면 89개소 배수펌프장 중 유역면적이 1km²이내인 시설은 36개소이며 우수지 기능이 비교적 강화된 저류량의 배제시간이 10분 이상인 곳은 6개소이고, 5분이내인 곳은 24개소에 이른다. 또한 경기도 수해백서(경기도, 2002)에서도 유역면적이 1km²이내인 배수배제시설의 저류량 배제시간은 대부분 10분이내이고 5분이하인 시설도 15개소에 이른다. 이와 같이 펌프용량에 비하여 비교적 작은 조정지의 용량으로 말미암은 조정지의 짧은 배제시간은 펌프의 가동 및 정지를 빈번히 작동시키므로 펌프의 기계적인 고장을 초래할 뿐만 아니라, 우수지내 홍수유입량의 변동성에 적극적으로 대처하기가 어려워진다. 즉, 펌프기능이 강화된 소규모 배수배제시설에서는 시설의 운영이 홍수유입량 및 조정지 저류량의 변화에 대단히 민감할 수 밖에 없다. 또한 최대저류비에 의하여 결정된 조정지의 저류량 배제시간은 짧은 경우가 있어 펌프의 빈번한 작동을 초래하고 펌프의 고장을 유발시키기도 한다.

따라서 본 연구에서는 배수면적이 1km²이내인 소유역인 동두천시 11개의 소규모 내배수시설을 표본으로 하여, 조정지의 합리적인 규모를 결정함에 있어서 최대저류비 기준을 근거로 하여 저류량의 배제시간 및 최대저류량을 함께 고려하는 개선 방안을 제시하고자 한다.

2. 최대저류비에 의한 조정지 규모 분석

2.1 동두천시의 내수배제시설 현황

동두천시내 2000년에 준공된 13개소 펌프-조정지 시설 중 11개소인 생연1, 생연2, 중앙1, 중앙2, 소요1, 보산1, 보산2, 상패1, 상패2, 상패3, 상패4 펌프장을 택하였다. 동두천시 수해상습지 종합치수대책 사업의 계획빈도를 살펴보면 간선 우수관거는 10년, 지선 우수관거는 5년 그리고 배수펌프는 5년 빈도로 하였다. 신천외수위 조건을 분석하면 내수배제시설은 강제배수로 계획하는 것이 타당하며 펌프용량은 5년빈도로 결정되어 조정지의 규모는 5년빈도 강우-유출량을 원활히 배제하는 것으로 분석되었다. 5년빈도 강우-유출의 배수를 위하여 설치된 생연1지구 및 중앙2지구의 내수배제시설은 10년빈도 강우-유출을 원활히 배수시킬 수 있는 시설이나, 나머지 지구는 10년빈도 강우-유출 배수에는 무리가 있음을 알 수 있었다. 그러나 내수배제시설의 배수능력 평가에서 우수관거의 저류용량은 무시되었으므로, 계획유효저류량에 추가하여 우수관거의 여

* 환경대학교 토목공학과 부교수
* 행정자치부 방재기준담당관실 토목사무관
* 환경대학교 토목공학과 교수
* 고려대학교 토목환경공학과 교수

유 저류용량이 확보된다면 내수배제시설의 배수능력은 제고될 것이다.

한국과학재단(1990)은 서울시의 유수지 계획에 있어서 강우지속기간은 120분으로 하고 있어 저류량 배제시간이 120분 이내이면 유수지 기능보다는 주로 배수펌프 기능에 의존하고, 그렇지 않으면 유수지 기능에 의존한다고 볼 수 있다고 하였으며 서울시 내수배제시스템은 유수지 저류기능에 비하여 배수펌프 기능에 의존하는 시스템으로 설치되었다고 평가하였다. 동두천시내 소규모 배수면적을 갖는 각 내수배제시설의 저류량 배제시간은 약 3분에서 약 20분이내이므로 배수펌프 기능에 크게 의존하는 시설이 다수임을 알 수 있다. Karassik 등(1986)은 펌프를 최대배수량으로 운영하기 위한 최소수심(minimum water depth)의 설정이 필요하다고 지적하였다. 이와 같이 유수지내 설정된 홍수위 및 저수위내에서 원활한 펌프운영을 도모하기 위해서는 적절한 펌프 및 조정지 용량으로 계획되어 적절한 저류량 배제시간 및 펌프의 시동간격이 유지되어야 한다.

2.2 최대저류비에 의한 저류량 결정의 한계

이종태 등(1993)의 연구에서 선정된 내수배제시설은 비교적 중규모 배수면적이어서 강우지속기간별 저류비의 변화는 비교적 뚜렷하다. 그림 1은 동두천시 10개 소규모 내배수시설에 관한 각 강우지속기간별 저류비를 나타내었다. 그림 1에 의하면 중앙집중형 및 Huff 분포형에서 최대저류비를 기준으로 한 임계지속기간은 60분인 경우가 대부분이나 최대저류비의 값과 그 다음 순위의 저류비의 값과의 차이는 뚜렷하지 않다. 대체로 1분위 분포형에 의한 저류비는 중앙집중, 2, 3 및 4분위 분포형 보다 작은 저류비를 나타내었다. 그림 1에서 보는 바와 같이 최대저류비에 의한 임계강우지속기간은 50분, 60분이 대부분이나, 각 강우지속기간별 저류비의 차이는 미미하다. 이와 같이 배수면적이 작고 배수펌프기능이 강화된 경우, 각 강우지속기간별 저류비는 뚜렷한 차이가 아니어서 최대저류비에 의하여 계획강우지속기간 및 조정지 용량을 결정하기에는 무리가 있음을 알 수 있다.

펌프의 과부하를 방지하기 위하여 펌프의 허용시동간격은 일반적으로 펌프제작회사에 의하여 제시되고 있으며, KSB(2001)는 Etanorm 펌프인 경우 펌프의 허용시동간격을 10분으로 규정하고 있다. FAO(1988)는 펌프 모터의 용량에 따라 다양한 허용시동간격을 제시하였으며, 50-200HP인 경우는 10분으로 제시하였다. 최대저류비에 의하여 결정된 유수지 용량의 저류량 배제시간은 10분 이내에 있는 경우가 있어 펌프의 허용시동간격의 지침에 배치된다. 조정지의 짧은 저류량 배제시간은 빈번한 펌프의 가동 및 증지로 고장을 유도할 뿐만 아니라, 계획홍수량을 원활히 배수하는데 어려움이 있을 수 있다.

본 분석에서는 Huff 제2분위 강우분포에 관하여 최대저류비를 기준으로 펌프의 용량에 따른 조정지 용량 및 임계강우지속기간의 변화를 분석한 결과, 중앙2, 보산1 및 상패4지구에서는 펌프용량이 변화하더라도 임계강우지속기간은 60분으로 일정하였으나 그 외지구는 변화된 펌프용량에 따라 다른 임계강우지속기간으로 나타나 합리적인 임계강우지속기간 및 조정지 용량을 선정하기가 어렵다. 또한 펌프용량이 증대되면 조정지의 용량은 당연히 작아지므로 효율적인 펌프운영이 가능한 조정지 규모로 결정되어야 한다.

펌프용량이 작은 경우에도 각 지속기간별 저류비의 차이는 미미하지만 펌프용량이 작을수록 조정지의 용량은 증대됨에 따라 저류비도 증가되므로, 결정된 조정지의 저류량 배제시간은 충분히 길어져 소규모 배수면적을 갖는 내수배제시설에서도 조정지 기능이 강화될 수 있음을 알 수 있다. 여기서 저류량 배제시간과 조정지 기능이 강화된 시설과의 관계를 정량적으로 설정하기는 어렵지만 펌프의 허용시동간격보다 충분히 긴 경우는 조정지 기능이 강화된 시설이라 할 수 있을 것이다. 따라서 소유역인 경우에도 조정지의 기능이 강화된 내수배제시설에서는 최대저류비를 기준으로 한 조정지 용량의 결정은 타당함을 알 수 있다.

3. 조정지 규모 결정 개선 방안

소유역에서의 내수배제시설 설계시 최대저류비 기준에 의하여 조정지 규모 결정을 보완하기 위한 개선

절차를 요약하면 다음과 같다.

소유역에서 펌프용량 및 조정지 규모 결정 절차

1단계 : 배수구역내 강우-유출모형을 적용하여 시간별 유입량을 결정하고 침투유출량보다 작은 규모로 계획 펌프용량을 결정.

2단계 : 최대저류비를 갖는 저류량 또는 최대저류량을 조정지의 용량으로 결정

3단계 : 결정된 조정지 용량에 관한 저류량의 배제시간을 산정한 후, 펌프의 허용시동간격 10분과 비교하여 허용범위 이내 이면 2단계에서 산정된 펌프용량과 조정지용량을 결정

4단계 : 허용범위에 벗어나면 3단계에서의 펌프용량보다 작은 펌프용량으로 수정하여 1단계로 가서 재계산함

동두천 내수배제시설에서 분석된 결과를 이용하여 조정지 규모 결정 개선 방안을 3개지구에 적용사례는 다음과 같다. i) 생연2지구 펌프계획용량 90m³/분에 관하여 최대저류비 기준에 의한 조정지 유효용량은 1233.0m³이고 저류량 배제시간은 13.7분이다. 펌프의 허용시동간격보다 길므로 최대저류비 기준에 의한 조정지의 유효용량 1233.0m³로 결정한다. ii) 상패4지구 펌프계획용량 200m³/분에 관하여 최대저류비 기준에 의한 조정지 유효용량은 2,003m³으로 저류량 배제시간은 약 10분이다. 따라서 최대저류량 2,289.8m³를 조정지 유효용량으로 하면 저류량의 배제시간은 11.5분이 된다. iii) 상패2지구 펌프계획용량 65m³/분에 관하여 최대저류비 기준 또는 최대저류량 기준에 의한 조정지 유효용량은 380.2m³로 동일하며, 저류량 배제시간은 5.8분이다. 따라서 펌프용량을 55m³/분으로 재조정하여 최대저류비를 갖는 조정지 용량을 산정하면 726.5m³가 되며 저류량 배제시간은 13.2분이 된다.

4. 결론

배수면적이 작고 펌프기능이 강화된 내수배제시설에서 각 강우지속기간별 저류비는 뚜렷한 차이가 아니며 최대저류비에 의한 계획강우지속기간 및 조정지 용량을 결정하기에는 무리가 있음을 알 수 있었다. 또한 최대저류비에 의하여 결정된 조정지의 저류량 배제시간은 펌프의 허용시동간격보다 짧은 경우가 있어 내수배제시설의 원활한 운영을 어렵게 한다. 따라서 본 연구에서는 펌프의 허용시동간격 또는 조정지의 저류량 배제시간을 고려한 펌프용량 및 조정지 용량을 결정하는 방안을 제시하였으며, 제안된 절차에 의하여 결정된 조정지 규모는 펌프의 허용시동간격을 만족하여 펌프의 원활한 운영을 기약하게 한다. 다양한 펌프용량을 적용하여 분석한 결과 소유역에서도 조정지의 기능이 강화된 내수배제시설에서는 최대저류비를 기준으로 한 조정지 용량의 결정은 타당함을 알 수 있었다.

참고문헌

경기도 (2002). 2001 경기도 수해 백서

서울시 (1999). 주요 수방시설 현황

이종태, 윤세의, 이재준, 윤용남 (1993). "유수지설계를 위한 계획강우의 임계지속기간. 한국수문학회, 한국수문학회지, 26권 1호, pp. 115~124.

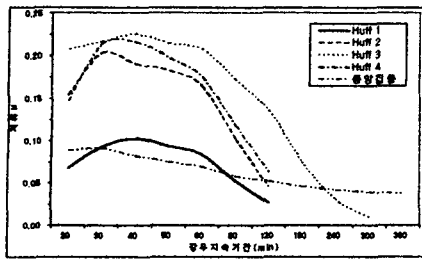
한국과학재단 (1992). 도시홍수 재해방지를 위한 내수처리시스템 분석 및 설계기법 개발, pp. 3-32~3-35.

FAO (1988). *Design and optimization of irrigation distribution networks*. pp. 133~134

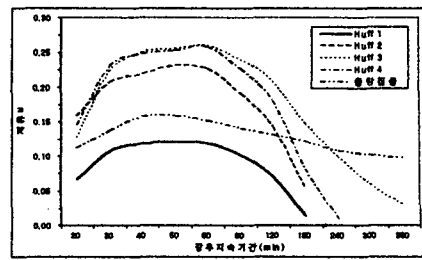
KSB (2001). *Specifications for Etanorm pump*, pp. 10~11, (www.ksbgroup.com)

Karassik, I. J., W. C. Krutzsch, W. H. Fraser and J. P. Messina (1986) " *Pump Handbook*", McGraw-Hill Book Co. pp. 10.6~10.7.

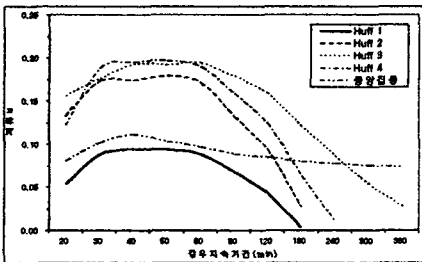
USDA (1986). Technical Release 55, Urban hydrology for small watersheds, pp. 6-1~6-11.



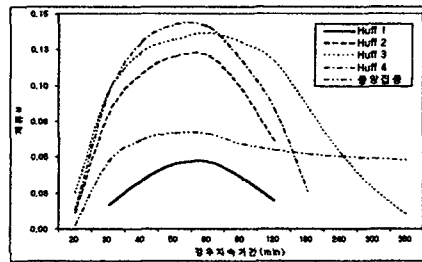
(a) 생연 1지구



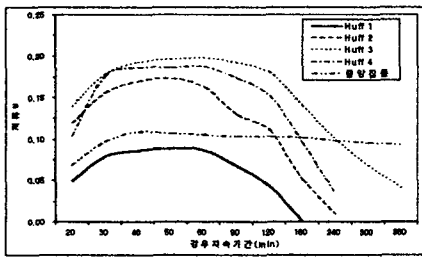
(b) 생연 2지구



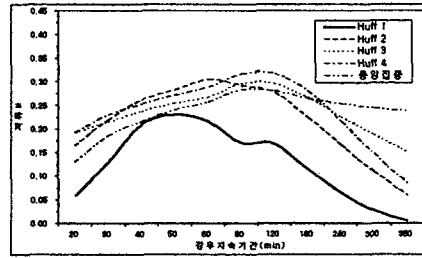
(c) 중앙 1지구



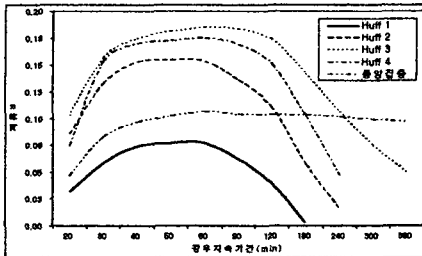
(d) 중앙 2지구



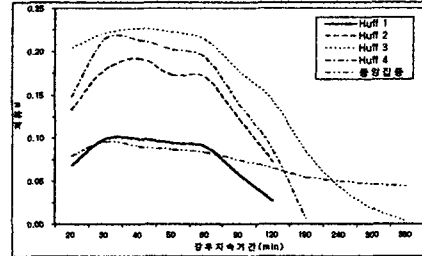
(e) 소요 1지구



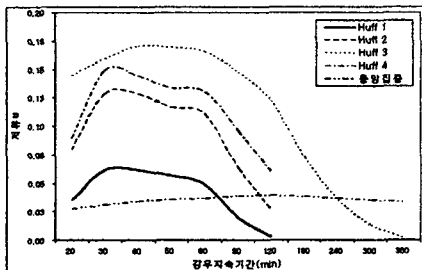
(f) 보산 1지구



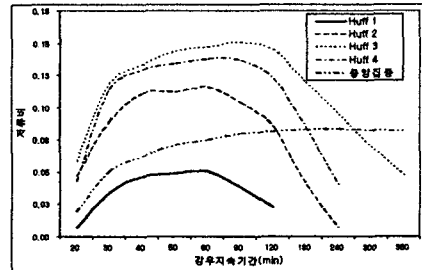
(g) 보산 2지구



(h) 상패 1지구



(i) 상패 3지구



(j) 상패 4지구

그림 1. 동두천 내수배제시설의 강우지속기간별 저류비의 변화 (10년 빈도)