

유출저감용 저류지 설계를 위한 간이기법 개발

A Development of Simplified Method for the Detention Pond Design with Runoff Reduction

이재준* · kwakchae** · 김호년** · 이상원**

Lee, Jae Joon · Kwak, Chang Jae · Kim, Ho Nyun · Lee, Sang Won

Abstract

Detention pond has an important role in peak flow reduction to mitigate flood damage. Design of detention pond is accomplished through the preliminary stage, planning stage, and design stage in general. New development projects produce increased peak flow and flow amounts. In this case it is necessary to design the detention pond easily and simply. The simple procedure of detention pond design is proposed in this study. The relevant variables are peak flow ratio(α) for the before and after development, and storage ratio which is ratio of storage volume to flow amounts. Simplified method for the detention pond design with runoff reduction is easily used for practical purposes.

1. 서론

도시유역의 내배수처리 시스템은 일반적으로 우수관거와 홍수시 외수의 역류를 막고 배수펌프를 이용하여 내수를 강제배수시킬 수 있는 유수지 및 배수펌프장으로 이루어진다. 그러나 근래 이상기후에 의한 강우량 증대와 도시화에 따른 유출총량과 침투유량의 증대 및 도달시간의 단축은 기존의 유수지만으로 도시홍수를 대처하는데 그 한계점에 다다르게 되었으며, 유역내에 침투시설과 저류시설 등 유출저감효과를 기대할 수 있는 여러 가지 시설을 이용하여 유출량을 저감시킬 수 있는 각종 규모의 지체저류시설을 활용하게 되었다. 도시화 된 지역 또는 신규 개발사업으로 인해 증가되는 유출량을 저감시키기 위한 시설로 다양한 형태의 저류시설을 계획할 수가 있다. 저류지를 설계·운영함에 있어서 기초계획 단계에서는 저류지의 홍수조절효과를 산정할 때 엄밀하게 계산하는 것이 꼭 효율이 좋다고 할 수 없으며, 또한 최적설계를 하는 데는 많은 시간이 소요된다. 이 때문에 계획단계에서는 개략적인 검토를 한 후에 이를 적절히 조합한 후 정밀한 설계모형을 이용하여 실시설계를 하고 운영방법을 마련하는 것이 좋다. 저류시설의 계획단계에서 하루부 하천의 상황을 고려하여 안전하게 배수시스템의 기능을 유지하기 위해 일반적으로는 개발전·후의 침투유량을 기준으로 소요저류량을 산정하여 활용하고 있다.

일반적으로 저류지를 설계함에 있어서는 저류지의 수심-저류용량 관계, 수심-방류량 관계를 제시할 수 있는 방류시설의 종류와 제원, 저류지 바닥 및 상부면적, 저류지 깊이 등이 결정됨으로써 설계가 완료되게 된다. 따라서 본 연구에서는 on-line형태 저류지를 대상으로 개발전·후의 침투유량을 이용하여 저류지의 제원을 간편하게 설계할 수 있는 기법을 제시하여 이를 저류지 기초계획단계의 부지선정과 규모결정의 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 저류지의 간이설계를 위한 관련변수 해석

저류지를 설계함에 있어서 주어진 저류지 제원과 방류시설 제원하에서 저류지 설계모형을 이용하여 저류추적을 실시하는 방법을 대체하고자 개발전·후의 침투유량비인 α 를 사용하여 저류지를 간이설계하기 위한 관련변수 해석을 실시하였다.

2.1 간이설계기법 관련변수 선정을 위한 모의조건 및 가정사항

본 연구에서 조사된 국내 on-line저류지의 설계강우 임계지속기간은 대체로 40~230분 정도로 나타나고 있으며 도시유역에서 침투유량 발생시간은 대략 2시간 이내에 있으므로 저류지의 유입수문곡선은 침투유량 발생시간

* 정희원 · 국립금오공과대학교 토목환경공학부 · 교수 · E-mail: jhb365@kumoh.ac.kr

** 국립금오공과대학교 대학원 토목공학과 · 석사과정

(t_p)은 2시간, 기저시간(T_b)은 $3t_p$ 로 설정하여 6시간으로 그려지는 삼각형 수문곡선형태로 가정하고 유입침투유량은 2000년이래로 수행된 재해영향평가서의 유입침투유량의 범위 3.62~114.8cms 중 10~60cms의 범위의 값을 사용하였고 초기바닥면적은 1,000~6,000 m^2 를 사용하였다. 이 때 방류구조는 오리피스(유량계수 $C=0.65$)로 한정하고 방류구의 위치는 하수도설계기준(2005)에서 명시하고 있는 퇴사위 30cm 이상을 기준으로 택하여 저류지 바닥면에서 30cm에 위치하는 것으로 설정하였다. 저류지의 형태는 소방방재청과 한국방재협회(2005)의 “재해영향평가 실무지침서 개정” 상의 영구저류지 설계기준인 폭과 길이의 비가 1:3, 사면경사 1:2인 사다리꼴로 가정하였다.

2.2 저류지 간이설계를 위한 관련변수 관계해석

수치모의조건별 가정사항을 이용하여 개발후 유입침투유량별 저류지의 개발전 유입침투유량 Q_{op} 와 방류구 직경 D 의 관계곡선을 그림 1~그림 2에, 저류지의 방류구 직경 D 와 저류지 최대허용수심 H_{TRX} 의 관계곡선을 그림 3~그림 4에, 저류지의 최대수심 H_{TRX} 와 개발전 유입침투유량 Q_{op} 의 관계곡선을 그림 5~그림 6에 작성하여 수록하였다.

2.2.1 개발전 침투유량과 방류구 직경과의 관계도

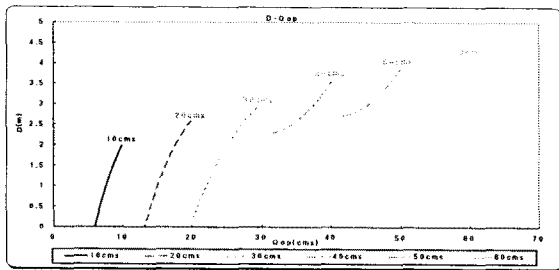


그림 1 초기바닥면적 1,000 m^2 의 Q_{op} 와 D 의 관계도

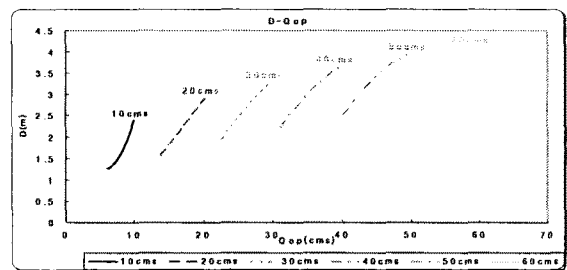


그림 2 초기바닥면적 6,000 m^2 의 Q_{op} 와 D 의 관계도

2.2.2 방류구 직경과 저류지 최대허용수심과의 관계도

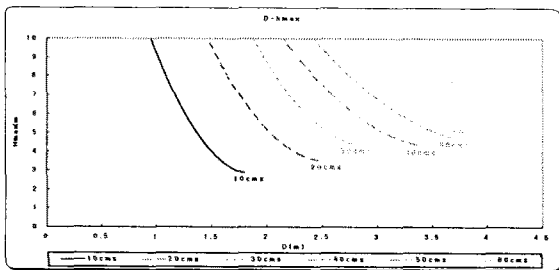


그림 3 초기바닥면적 1,000 m^2 의 D 와 H_{TRX} 의 관계도

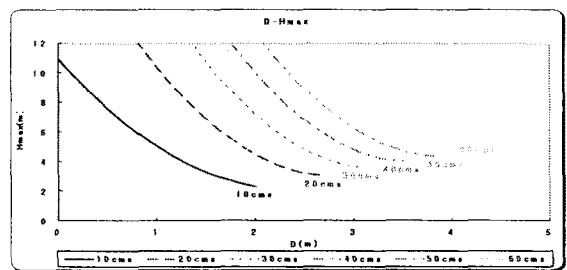


그림 4 초기바닥면적 6,000 m^2 의 D 와 H_{TRX} 의 관계도

2.2.3 저류지 최대수심과 개발전 침투유량과의 관계도

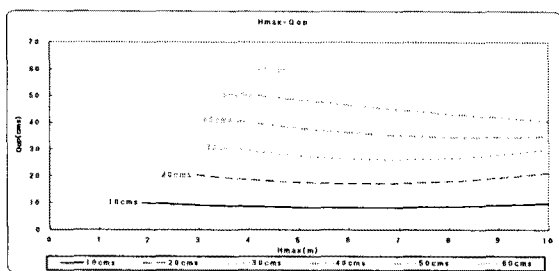


그림 5 초기바닥면적 1,000 m^2 의 H_{TRX} 와 Q_{op} 의 관계도

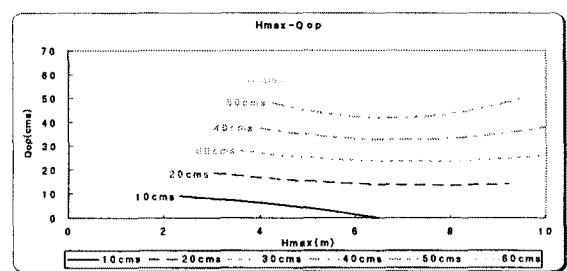


그림 6 초기바닥면적 6,000 m^2 의 H_{TRX} 와 Q_{op} 의 관계도

2.2.4 저류비와 저류지 최대수심, 침투유량비와의 관계

일반적으로 저류비 S_r 은 저류지의 저류용량 V_s 와 개발전 유입총량 Q_a 의 비로 나타내어진다. 본 연구에서는 수치모의 조건별 저류지의 최대수심 H_{max} 와 초기 가정사항인 개발전·후의 침투유량비 α 를 이용한 중회귀 분석을 통해 저류비 S_r 의 산정을 실시하였다. 표 1은 그 결과를 도시한 것이다.

표 1 저류지의 최대허용수심, 침투유량비, 저류비의 중회귀식

초기바닥면적(m ²)	중회귀식	결정계수
1000	$S_r = 1.0734 - 1.0225H_{max} - 0.0083554a$	$R^2 = 0.947$
2000	$S_r = 1.0890 - 1.0263H_{max} - 0.0073061a$	$R^2 = 0.927$
4000	$S_r = 1.0998 - 0.9980H_{max} - 0.01262a$	$R^2 = 0.951$
6000	$S_r = 1.2208 - 1.0970H_{max} - 0.016449a$	$R^2 = 0.967$

2.2.5 저류지의 구형바닥면적에 대한 제형바닥면적 관계도

본 연구에서는 저류지를 간편설계하기 위한 소요 그림이나 관계식을 통해 손쉽게 저류지 바닥면적을 구할 수 있도록 단면이 구형인 구형저류지 바닥면적(A')과 실제 사용되는 사다리꼴인 제형저류지 바닥면적(A) 간의 관계를 분석하였다. 구형저류지의 경우는 수심 증가에 따라 수면적이 변하지 않으나 제형저류지의 경우는 수심이 증가함에 따라 수면적이 2차 함수적으로 증가하기 때문에 간편설계시에는 구형저류지 바닥면적을 이용하는 방법을 채택하도록 유도한 것이다.

간편설계를 위해 구형저류지로 가정한 구형저류지 바닥면적(A')을 $A' = V_s / H_{max}$ 로부터 산정하고 그림 7을 통해 제형저류지 바닥면적(A)을 구하여 저류용량을 재산정하면 간략화 시킴에 따른 다소간의 오차가 발생하게 되어 보정할 필요가 있게 된다. 따라서 여기에서는 보정면적비(Corrected Area Ratio)를 보정면적비 = A/A' 과 같이 정의하여 보정제형저류지바닥면적(A_c)을 재산정한 후 이를 사용하여 저류용량을 구하는 방법을 채택하였다.

저류지의 초기바닥면적별 구형바닥면적 A'에 대한 저류지의 제형바닥면적 A의 관계도를 작성하여 그림 7에 도시하였고, 그림 8은 저류지의 초기바닥면적별 제형저류지 바닥면적 A와 보정면적비의 관계도를 도시한 것이다.

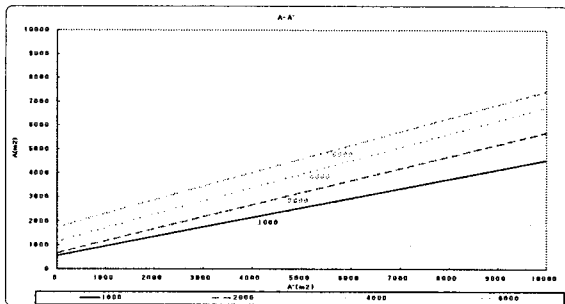


그림 7 저류지 바닥면적 A'에 대한 저류지 A의 관계도

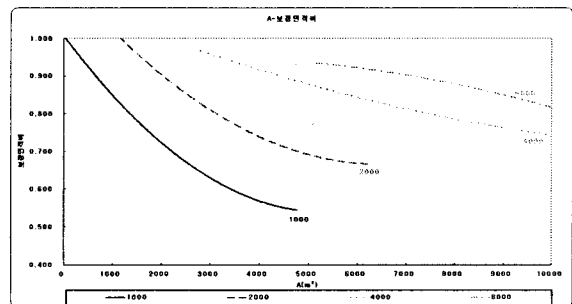


그림 8 저류지 바닥면적 A와 보정면적비의 관계도

3. 간이설계기법을 이용한 저류지의 설계절차

본 연구에서는 저류지의 개발후 유입침투유량에 대한 저류지 침투방류량의 비인 침투유량비 α 와 저류지의 저류비 S_r , 저류지의 방류구조 크기 D와 저류지의 최대허용수심 H_{max} , 저류지의 구형바닥면적 A'과 저류지의 제형바닥면적 A 및 A_c 를 이용하여 저류지를 간편하게 설계하는 간편설계기법의 절차를 아래와 같이 제시하였다.

Step 1. : 대상지역의 강우-유출해석을 실시하여 개발후 유입침투유량과 유출총량(Q_c) 및 개발전 유입침투유량과 저류지의 초기바닥면적을 결정한 후 저류지 설계를 시작한다.

Step 2. : 다음 식 (1)의 저류지 개발전 유입침투유량(침투방류량으로 간주됨)과 저류지 개발후 유입침투유량을 이용하여 침투유량비 α 를 구한다. 또는 저류지 최적계획모형에서 산정한 저류용량이 주어진 경우에는

다음 단계로 진행한다.

$$a = Q_{op} / Q_{\phi} \quad (1)$$

여기서, a : 침투유량비, Q_{ϕ} : 저류지 개발후 침투유량(cms), Q_{op} : 저류지 개발전 침투유량(cms)

Step 3. : 개발전의 유입침투유량(침투방류량) Q_{ϕ} 에 대한 방류구 직경 D 를 그림 1~그림 2의 관계를 이용하여 가정한다.

Step 4. : 가정한 방류구 직경 D 에 대한 저류지의 최대허용수심 H_{\max} 를 그림 3~그림 4의 관계를 이용하여 구한다.

Step 5. : Step 4에서 산정된 저류지 최대허용수심 H_{\max} 에 대한 개발전 유입침투유량(침투방류량) Q_{ϕ} 를 그림 5~그림 6의 관계를 이용하여 구한다.

Step 6. : Step 5에서 구해진 개발전 유입침투유량(침투방류량) Q_{ϕ} 가 개발후의 유입침투유량 Q_{ϕ} 보다 작으면 다음 단계로 넘어가고, 그렇지 않으면 Step 3으로 돌아가서 방류구 직경 D 를 이전단계보다 작게 재가정하여 진행한다.

Step 7. : 산정된 a 와 H_{\max} 에 대한 저류비 S_r 을 표 1의 관계식을 이용하여 구한다.

Step 8. : 저류지 저류용량 V_s 를 식 (2)에 의해 저류비 S_r 과 유입총량 Q_a 의 곱으로 산정한다.

$$V_s = S_r \times Q_a \quad (2)$$

여기서, S_r : 저류비, V_s : 저류지 용량(m^3), Q_a : 저류지 개발후 유입총량(m^3)

Step 9. : 저류지 구형바닥면적 A' 을 식 (3)에 의해 저류지 최대허용수심 H_{\max} 에 대한 저류지 저류용량 V_s 의 비로 구한다.

$$A' = V_s / H_{\max} \quad (3)$$

여기서, A' : 저류지 구형바닥면적(m^2), H_{\max} : 저류지 최대허용수심(m)

Step 10. : 저류지 구형바닥면적 A' 에 해당하는 저류지 제형바닥면적 A 를 그림 7을 이용하여 산정한다.

Step 11. : Step 8에서 산정된 저류지 제형바닥면적 A 는 그림 8에 의해 보정면적비를 구한 후 $A_c = A$ 로 보정면적비를 이용하여 보정제형저류지바닥면적(A_c)을 구한다. 이때 보정제형저류지바닥면적(A_c)가 확보된 부지면적에 부합하지 않는다면 초기바닥면적을 수정하여 Step 3으로 되돌아가서 진행한다.

Step 12. : 보정제형저류지바닥면적(A_c)과 저류지 최대허용수심(H_{\max})를 이용하여 저류지 저류용량(V_s)을 산정한 후 Step 8에서 구한 저류용량(V_s)과 비교하여 허용오차이내에 들면 설계를 완료하고, 그렇지 않으면 Step 3으로 되돌아가서 진행한다.

4. 결론

본 연구에서는 도시유역 우수유출저감시설로 널리 활용되고 있는 저류지의 설계함에 있어서 초기계획단계에서 그 편의성을 도모하고자 각종 제반사항 중 개발전·후 침투유량을 이용해 저류지의 간이설계기법을 통한 부지선정과 적정한 규모를 제시하였으며, 그 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 저류지의 초기바닥면적별 수치모의를 통한 저류지 설계의 다양성을 도모하였다.

둘째, 저류지의 개발전·후 침투유량을 이용하여 저류지의 기초계획단계에서 저류지의 제원을 산출하였다.

셋째, 간이설계기법을 통한 저류지의 설계는 실시설계단계의 기초자료로 활용될 수 있다.

넷째, 수치모의 조건별 저류지 설계로 시공시 조건별 선택이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2006년도 건설핵심 기술연구 개발사업(03산학연C03-01)에 의한 도시홍수 재해관리 기술연구사업단의 연구성과입니다.

참고문헌

소방방재청과 한국방재협회(2005), "재해영향평가 실무지침서 개정".

행정자치부(소방방재청)(2000~2006), 각종 개발사업 재해영향평가서.