

재해저류지 위치결정과 용량결정 과정에 관한 연구

오건홍 · 박기범* · 장인수

충주대학교 환경공학부, *안동과학대학교 건설정보과
(2008년 1월 22일 접수; 2008년 5월 15일 채택)

Study of a Process for Flood Detention Location and Storage Capacity

Gun Heung Oh, Ki-Bum Park* and In Soo Chang

Department of Environmental Engineering, Chung-Ju National University, Chung-Ju 380-702, Korea

**Department of Construction Information, Andong Science College, Andong 760-820, Korea*

(Manuscript received 22 January, 2008; accepted 15 May, 2008)

Abstract

In this study for the development of area due to the increasing of industry, population and spreading of urbanization is rapidly increasing but about seventy percent of our nation's areas consists of the mountainous districts. In such case, when those areas have the heavy rains break, they are washed away by a fast-flowing stream of a valley and overflowed. Thus it could result on human life and property damage and also the widespread of flood damage in the downstream area. To decrease those damage, the construction of flood control reservoir is necessary. This research was aim to construct the flood runoff models of a mountainous small district and to determine the probability rainfall by analyzing precipitation. The study also examined the effects of location and size of flood control reservoir on flood reduction. The result showed that the construction of detention basin was an effective way to ensure the safety of flood control and multiple detention basin had superior result for reducing amount of runoff in the down stream area than the single detention basin.

Key Words : Flood detention, Flood reduction

1. 서 론

재해는 발생 원인에 따라 인위재해와 자연재해로 구분할 수 있다. 인위재해는 그 원인이 인간생활에 있어 부주의나 사고 등에 의해 발생하기 때문에 근본적인 원인규명에 따른 대책수립에 의해 재해에

대한 근본적인 예방이 가능하다. 그러나 자연재해는 해당 지역의 기상, 지형, 지질 등과 같은 자연현상에 의해 지배받기 때문에 근본적인 예방은 불가능하므로 그 피해를 최소화하기 위한 대책을 수립하게 된다¹⁾.

이에 따라 소방방재청에서는 개발사업에 따른 주변지역의 재해위험을 저감하기 위하여 사전재해영향성 검토를 실시하고 있으며, 이는 원인제공자가 비용과 노력을 부담하여 재해위험을 저감시키고자 하는 것이다. 최근 강우량의 증가로 시간, 일 최대강

Corresponding Author : Ki-Bum Park, Department of Construction Information Andong Science College, Andong 760-820, Korea
Phone: +82-053-321-1517
E-mail: pkb5032@naver.com

우량의 기록이 해마다 경신되고 있어 하천 및 주요 시설의 설계 당시 설계빈도에 의한 계획홍수량은 더 이상 의미가 없어지고 있다. 이러한 국지성 호우 등의 자연적인 원인뿐 아니라 인위적인 원인의 가중에 의한 문제점이 제기되고 있다. 대규모 개발 사업에 따른 불투수성 면적의 증가, 토지이용도의 변화에 따른 침투율의 감소로 인한 하류로의 유출증가현상이라고 할 수 있다. 그러나 최근 경제력의 향상 및 인간 활동영역의 확대에 의하여 생활 및 레크리에이션을 위한 소하천 및 산악지역의 이용에 따른 개발 사업이 증가하고 있어, 산지 소하천 유역에 집중호우 발생에 따른 계곡의 급류에 의한 유실, 범람 및 산사태가 가중되어 인명 및 재산의 피해발생 등과 같은 소규모 유역의 홍수피해 및 저감을 위하여 유역 출구 점에 저류지(유수지) 등을 통한 피해저감방안이 필요하다²⁾.

저류지 결정과정에 있어서 위치의 결정과 용량의 결정은 재해평가 업무에 있어서 상당히 중요한 영역을 차지하고 있으며, 시행착오법을 통한 시간과 노력이 많이 소요되고 있는 실정이다. 홍수저류지 설치에 따른 선행 연구로는 Sukegawa 등³⁾은 소규모 도시유역의 홍수유출에 따른 저류지에 대하여 연구하였으며, 오 등⁴⁾은 저류지 위치에 따른 효과검토를 실시하였으며, 용량결정에 관한 연구로는 Mays⁵⁾가 기존의 연구자료들을 수집하였다.

따라서 본 연구의 목적은 산지 개발지역의 유출특성을 연구하고 이를 바탕으로 홍수조절지 위치가 홍수조절효과에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 저류지 설치계획에 따른 기본이론

2.1.1. 우수저류시설의 정의 및 분류

우수관련 용어가 저류지, 조절지, 조정지, 유수지, 댐 등의 용어가 기능, 목적, 형태에 따라 다르게 사용되고 있다. ‘저류지’는 하천유역에 대규모의 개발이 일어나는 경우 개발에 따른 홍수유출량의 증가에 의한 수해의 위험성을 방지함과 동시에 하천의 치수 안전도 향상을 주목적으로 자연재해대책법에 의거 설치하는 시설을 말하며 본 하천을 월류 시켜

평상시는 건조 상태로 공원 등으로 중복하여 사용하는 Off-line system과 하천의 본류에 제방을 축조하여 설치하는 On-line system의 두 종류의 저류지가 있다. ‘유수지’는 집중강우로 인하여 급증하는 제내지의 내수 또는 지반고가 낮은 저지대의 배수량을 하천에 조절 배제할 목적으로 일시 저류시키기 위하여 설치하는 시설을 말한다. ‘저수지’라 함은 발전용수, 생활용수, 공업용수, 농업용수 또는 하천유지용수의 공급이나 홍수조절을 위한 댐, 제방, 기타 당해댐 또는 제방과 일체가 되어 그 효용을 높이는 시설 또는 공작물과 공유수면을 말한다.

이러한 저류시설물들을 시설물의 위치에 따라 지역의 저류와 지역 내 저류로 구분해보면 Fig. 1과 같다.

위에 언급되어 있는 습지, 유수지, 저지지역, 보수지역 등의 저류지는 홍수저류 시설 형태의 분류에서 볼 때 유수지와 저지지역은 지역 외 저류로 분류할 수 있고 습지와 보수지역은 지역 내 저류로 분류할 수 있다.

2.1.2. 저류지 설치계획

유역분담 저류지를 설치하기 위해서는 정확한 계획과 분석이 수반되어야 한다. 이를 위해서는 우선 현재 유역의 유출량과 하도 및 기존 저류시설의 분담량을 정확하게 파악해야 한다. 그 후에 유역에서 분담시킬 유출량을 선정하고 유역 분담 방법을

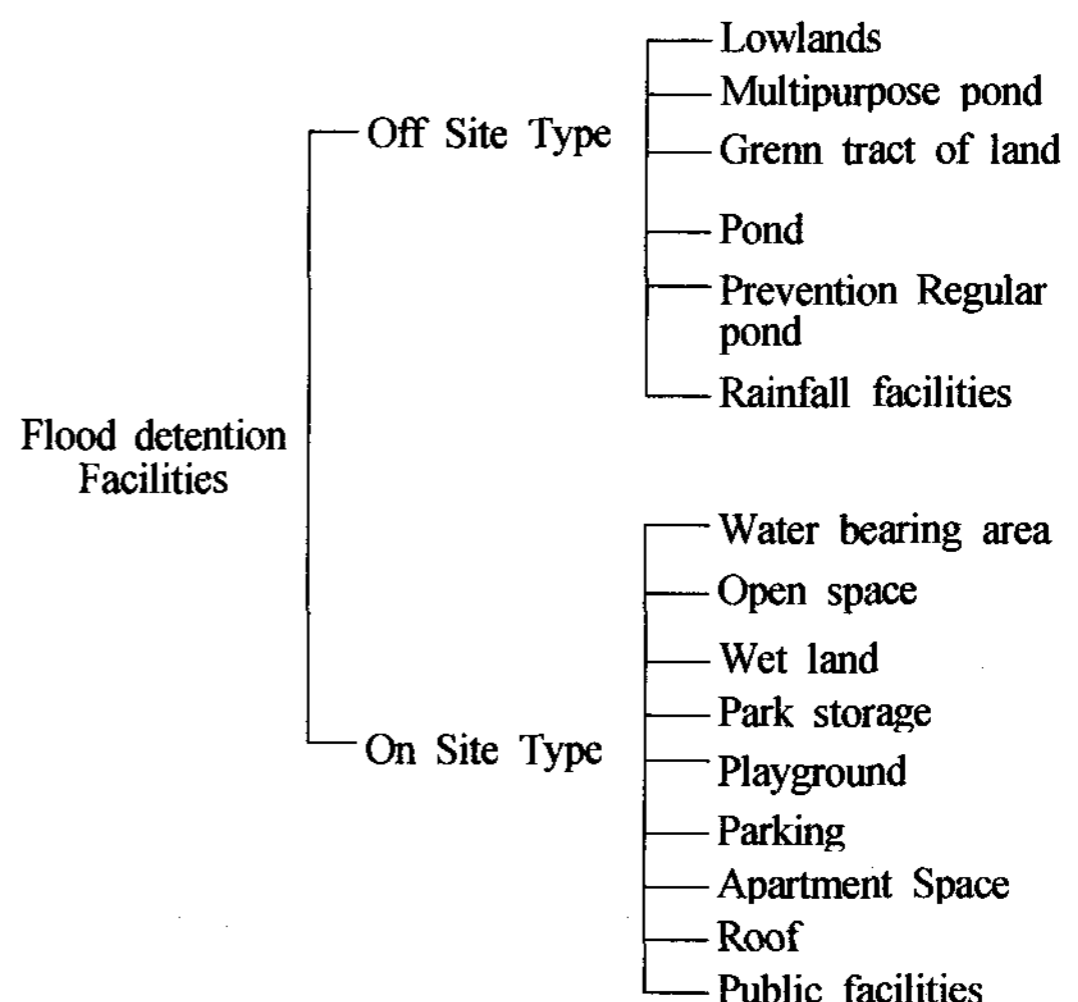


Fig. 1. Distribution of flood detention facilities.

결정해야 한다. 유역에서 유출량을 분담시키기 위해서는 저류지의 개수, 위치, 형태, 규모 등을 유역의 상황에 맞게 계획해야 한다. 이러한 과정을 거친 후 유역분담 저류지가 설치되었을 경우 유역의 유출특성 변화를 모의하여 유출 분담 효과가 만족할 만한 수준인지를 검토하고 그 결과를 Fig. 2와 같이 계획에 feedback하는 과정을 통해 최적화를 이루어야 한다⁶⁾.

2.1.3. 저류지의 설치위치와 홍수조절 용량평가

저류지의 설치에 따라 유역말단에 설치하는 우수지의 저류부하는 일반적으로 경감된다. 그러나 시설되는 저류지의 용량과 입력강우의 규모에 따라 그 경감효과는 하류지역에 다르게 영향을 미치게 된다. 선행연구³⁾에 의하면 저류지 용량이 증대함에 따라 저류비의 변화율은 크게 감소하고 있고, 저류지 용량이 증대함에 따라 저류비 변화율은 크게 감소하고 있고 저류비 변화율은 재현기간이 커짐에 따라 감소하고 있으며, 입력강우에 의한 영향은 미소하지만 후방집중형의 강우분포가 저류비 변화율이 가장 큰 것으로 나타났다.

저류시설은 주변지형, 지질 및 수리, 수문학적 조

건 등을 종합적으로 고려하여 방재시설로서의 기능과 도시공원으로서의 기능을 모두 발휘될 수 있는 장소로 가급적 자연유하가 가능한 곳에 입지하도록 하여야 한다. 설치 위치 선정에서 고려할 세부적인 사항은 개발지가 하천유역의 양쪽에 있는 경우 각각의 유역에 설치하여야 하며, 토지이용계획에 따라 설치위치가 정해지는 경우는 집수 및 배수를 고려하고 하수관망 계획과의 관계를 검토할 필요가 있다. 지구 내 저류시설은 방류지점에 가깝게 설치하고 대부분의 유출수가 저류시설에 유입 가능하게 되도록 계획한다. 지구 외 저류시설에 집수할 수 없을 정도로 직접유출유역이 크면 방류량을 허용방류량 이하로 하기 위해 큰 용량의 지구 외 저류시설이 필요하게 되므로 계획상 불리하게 된다. 구조상으로는 안전한 장소에 설치되어야 하며, 성토지역은 성토사면의 침식과 활동에 대하여 대비하여 검토하고, 절토지역은 지층, 침투수에 따른 침식과 활동에 주의한다.

홍수조절용량에 대한 개략적인 가정은 저수지 추적을 이루어 결정하여야 하나 초기에 저수지 용량을 가정하는 데 있어서 시행착오법으로 하기에는 시간과 노력이 많이 소비되는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 Mays⁵⁾에 제시된 기존의 경험식을 정리한 것을 비교하여 산정하였다. 여기에서 제시된 저류지 예비설계를 위한 식들은 총 9가지이며 Kessler and Diskin 모형, McEnroe, Currey and Akan 모형은 저류방정식을 기초로 하여 무차원해를 알려주는 모형이며, 저류지 방류구조물 제원을 일정한 형태로 미리 가정하여 해를 얻는 방법이다⁷⁾. 또한 Abt and Grigg, Baker, Aron and Kiber의 모형은 유입 수문곡선과 방류량 수문곡선을 가정하여 이로부터 저류지의 소용용량을 산정하는 방법이고, 마지막으로 Wycoff and Singh, SCS 모형은 실제 저수지 추적 결과를 이용하여 회귀분석하여 유도하는 방법이다⁷⁾. 식들을 정리한 내용은 다음 Table 1과 같다. 아래 식에서 I_p 는 첨두유량, Q_p 는 허용방류가능량, S_{max} 는 필요 저류용량, S_R 은 총 유출총량, T_b 는 유입수문곡선의 지속시간, t_p 는 첨유유입량 발생시간, t_d 는 강우지속시간, T_c 는 강우지속시간 이다^{5,7)}.

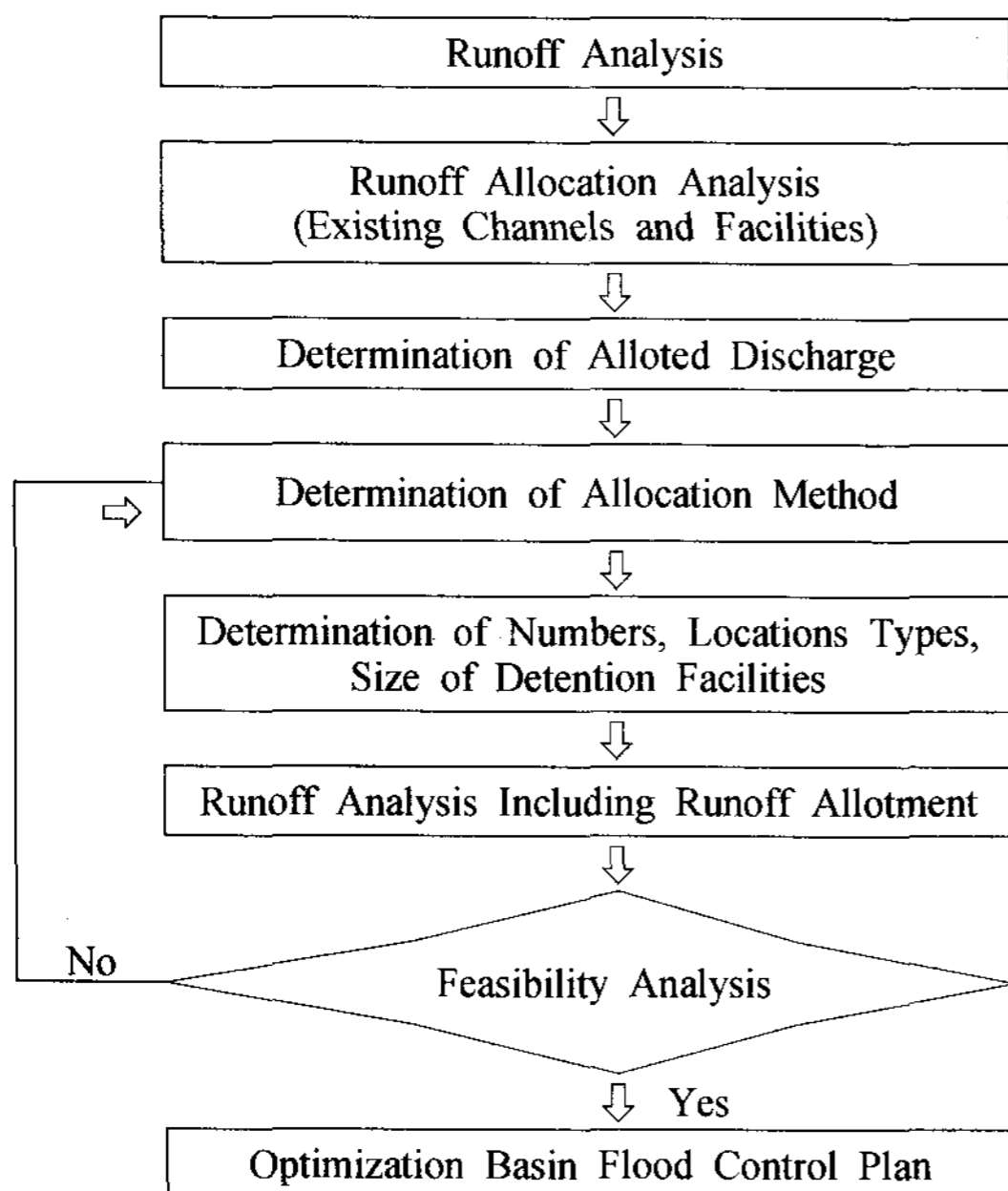


Fig. 2. Flow Chart for Allotted Detention Plan.

Table 1. Design Aid Equations⁷⁾

No.	Equations	Number of Outlets	Outlet Types	Remarks
1	$\frac{S_{max}}{S_R} = \frac{1.291(1 - Q_p/I_p)}{(T_p/I_p)^{0.411}}$	Not Specified	Not Specified	Based on numerical simulation
2	$\frac{S_{max}}{S_R} = \left(1 - \frac{Q_p}{I_p}\right)^2$	Not Specified	Not Specified	Triangular inflow hydrograph
3	$\frac{S_{max}}{S_R} = \left(1 - \frac{Q_p}{I_p}\right)$	Not Specified	Not Specified	triangular inflow and outflow hydrograph
4	$\frac{S_{max}}{S_R} = 0.660 - 1.76\left(\frac{Q_p}{I_p}\right) + 1.96\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)^2 - 0.730\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)^3$	Not Specified	Not Specified	SCS 24-hr Type I
5	$\frac{S_{max}}{S_R} = 0.682 - 1.43\left(\frac{Q_p}{I_p}\right) + 1.64\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)^2 - 0.804\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)^3$	Not Specified	Not Specified	SCS 24-hr Type II
6	$S_{max} = I_p t_d - Q_p \left(\frac{t_d + T_c}{2}\right)$	Not Specified	Not Specified	Trapezoidal inflow hydrograph, rising limb of outflow hydrograph is linear
7a	$\frac{S_{max}}{S_R} = 0.932 - 0.792 \frac{Q_p}{I_p}$	Single	Weir Type	0.2 < Q _p /I _p < 0.9
7b	$\frac{S_{max}}{S_R} = 0.872 - 0.861 \frac{Q_p}{I_p}$	Single	Orifice Type	0.2 < Q _p /I _p < 0.9
8a	$\frac{S_{max}}{S_R} = 0.98 - 1.17\left(\frac{Q_p}{I_p}\right) + 0.77\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)^2 - 0.46\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)^3$	Single	Weir Type	Gamma function inflow hydrograph
8b	$\frac{S_{max}}{S_R} = 0.97 - 1.42\left(\frac{Q_p}{I_p}\right) + 0.82\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)^2 - 0.46\left(\frac{Q_p}{I_p}\right)^3$	Single	Orifice Type	Gamma function inflow hydrograph
9a	$\frac{S_{max}}{S_R} = 0.922 - 0.787 \frac{Q_p}{I_p}$	Single	Weir Type	Gamma function inflow hydrograph
9b	$\frac{S_{max}}{S_R} = 0.847 - 0.841 \frac{Q_p}{I_p}$	Single	Orifice Type	Gamma function inflow hydrograph

3. 결과 및 고찰

3.1. 유역의 개요

경상북도의 최북단에 위치한 영주시는 남북이 길고 동서로는 협소하며, 소백산맥이 서남쪽으로 뻗어 주봉인 비로봉(1,439 m), 국망봉(1,421 m), 연화

봉(1,394 m)과 죽령을 경계로 하여 도솔봉(1,315 m)으로 이어진 소백산 산록 고원부지에 형성되어있으며, 동쪽으로는 봉화군, 서쪽으로는 충청북도 단양군, 남쪽으로는 안동시와 예천군, 북쪽으로는 강원도 영월군과 접경을 이루고 있다.

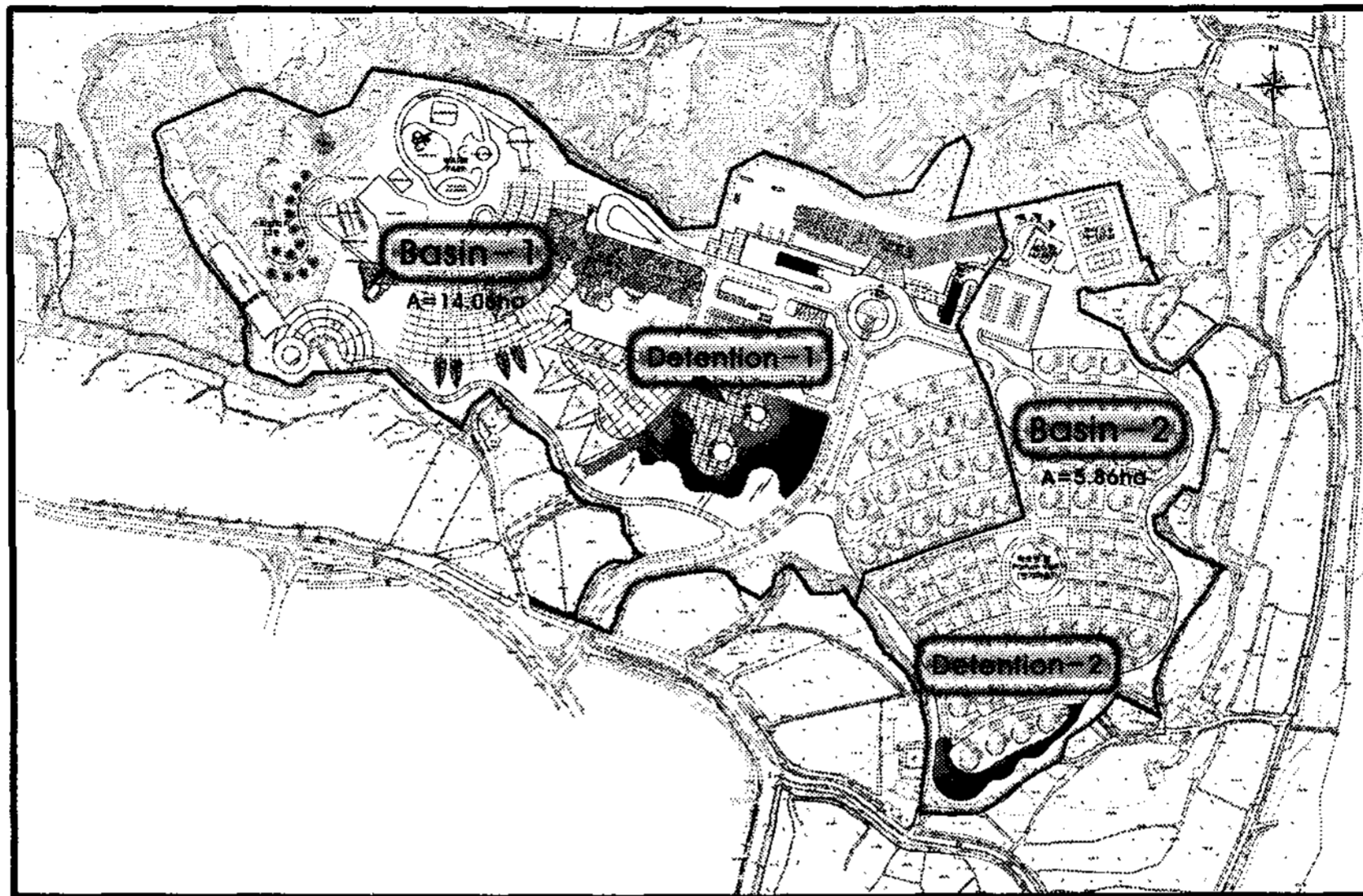


Fig. 3. Location of Flood detention basin.

수리적 위치로는 극동은 128°44' 으로서 평은면 오운리와 안동시 녹전면과 접경을 이루고, 극서는 128°25' 으로서 풍기읍 수철리와 충청북도 단양군이 경계를 이루며 극남은 36°41' 으로서 평은면 지곡리와 안동시 북후면과 접경지역이다. 또한 극북은 36°03' 으로서 부석면 남대리와 강원도 영월군이 접하고 있다.

영주시는 경북 북부 산악지대에 위치하여 대륙성 기후의 특징인 한서의 기온차가 심한 편이며 봄, 가을은 짧은 편이고 계절풍의 영향을 받아 여름과 겨울의 우기 및 건기가 뚜렷하게 구분된다.

3.2. 저류지 분석

본 연구대상 유역은 대규모 개발로 인하여 홍수 유출량의 증가가 예상되며 유역면적은 0.2 km²로 크지 않으나 개발되는 면적으로 생각할 때는 상당히 큰 면적이라 할 수 있다. 단일 저류지의 설치는 소방방재청에서의 연구결과에 따라 용량이 큰 저류지는 유역의 말단에 설치되는 것이 가장 큰 효과가 있는 것으로 나타나 유역의 배수 말단에 집수되는 것으로 계획 하였으며, 복수저류지의 설치의 경우는 배수구역을 2개로 구분하여 유역의 하류부에 설치하는 것으로 계획하였다. 총 저류용량은 단일 저류지의 용량과 복수저류지 설치용량이 같도록 하였다.

하류부의 방류량의 결정과정은 개발전 자연상태의 홍수유량을 허용방류량으로 하였다.

3.2.1. 단일 저류지 설치 시

유역의 재해저감을 위한 저류지를 하나의 용량으로 하류에 설치할 경우에 대하여 저류지 분석을 실시하였으며 저류지 위치와 제원 분석결과는 다음 Table 2, Table 3과 같다. 단일 저류지의 설치위치는 Fig. 3과 같으며, 저류지 저류량-방류량 관계는 Fig. 4에 나타내었다. 단일 저류지의 분석결과는 Fig. 5, Fig. 6에 나타내었다.

Table 2. Operating results of Flood detention basin

Classifications	Single Detention	Remarks
Watershed area(ha)	19.92	Regulating Ratio 46.48%
Bottom Elevation(EL. m)	161.0	
Top Elevation(EL. m)	164.0	
Reservoir area(m ²)	5689	
Reservoir Volume(m ³)	17477	
Outlet Elevation(EL. m)	161.5	
Inflow(m ³ /s)	5.40	
Outflow(m ³ /s)	2.89	
Max. Storage(m ³)	8232	
Max. Elevation(EL. m)	162.53	

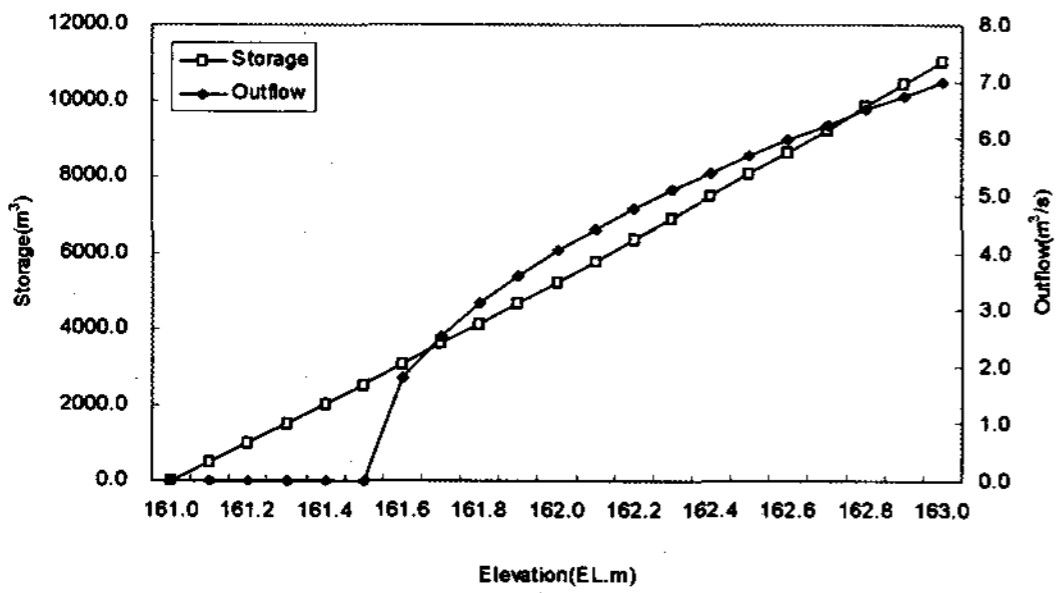


Fig. 4. The water level-volume relation curve of detention basin.

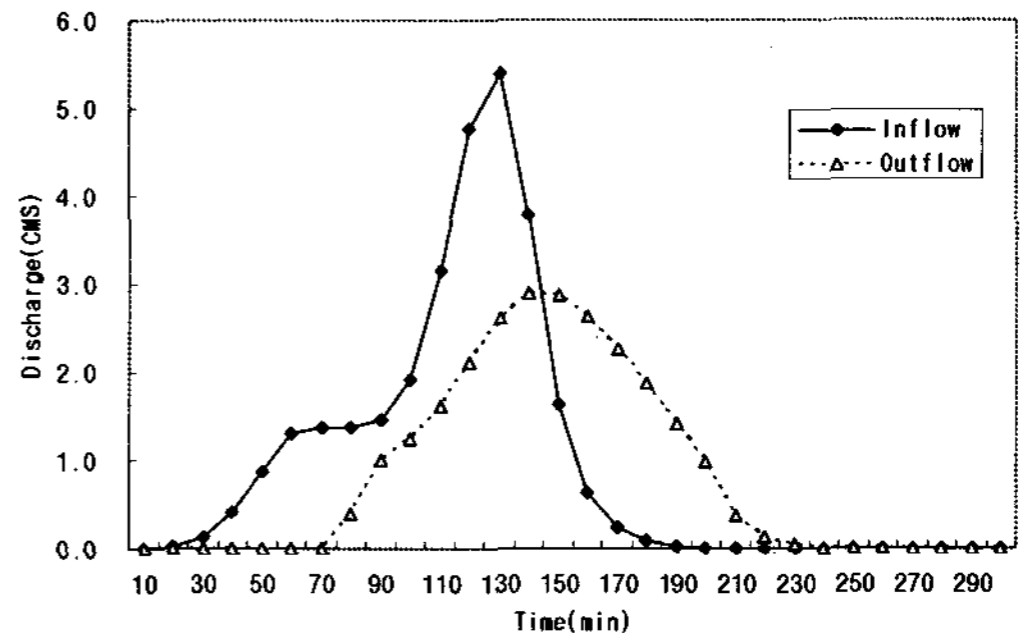


Fig. 5. Hydrograph of detention basin.

분석결과 단일 저류지의 경우 임계지속시간은 130분이며 최대 유입량은 5.4 CMS 최대 방류량은 2.89 CMS로 조절율이 46%이상 나타났으며, 하류구역의 유출량도 방류관을 D1.0×2를 할 경우 2.89 m³/s로 나타나 홍수저감효과가 큰 것으로 나타났다.

3.2.2. 복수 저류지 설치 시

다음으로 저류지를 나누어 2개소로 설치할 경우에 대하여 분석을 실시하였으며, 구역의 중간부분과 하류부분에 저류지를 각각 설치하여 분석을 실시하였다. 저류지의 설치위치와 구역의 면적은 다음 Fig. 7과 같다. 복수저류지의 수위-저류량 관계는 Fig. 8에 나타내었으며, 운영결과는 Fig. 10, Fig. 11

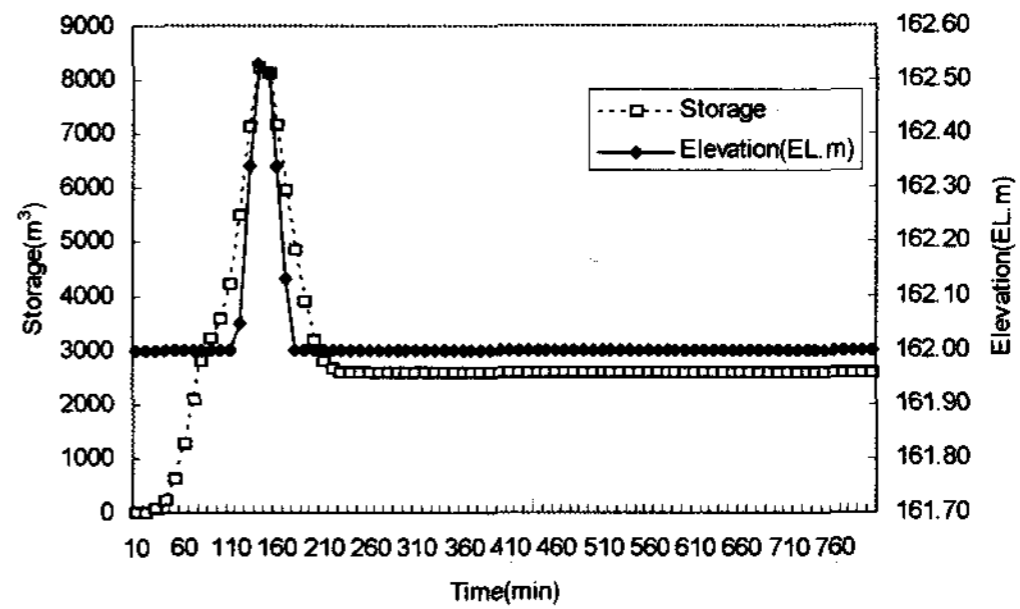


Fig. 6. Analysis results of detention basin.

에 나타내었다.

저류지를 2개소로 나누어 설치할 경우 홍수 조절

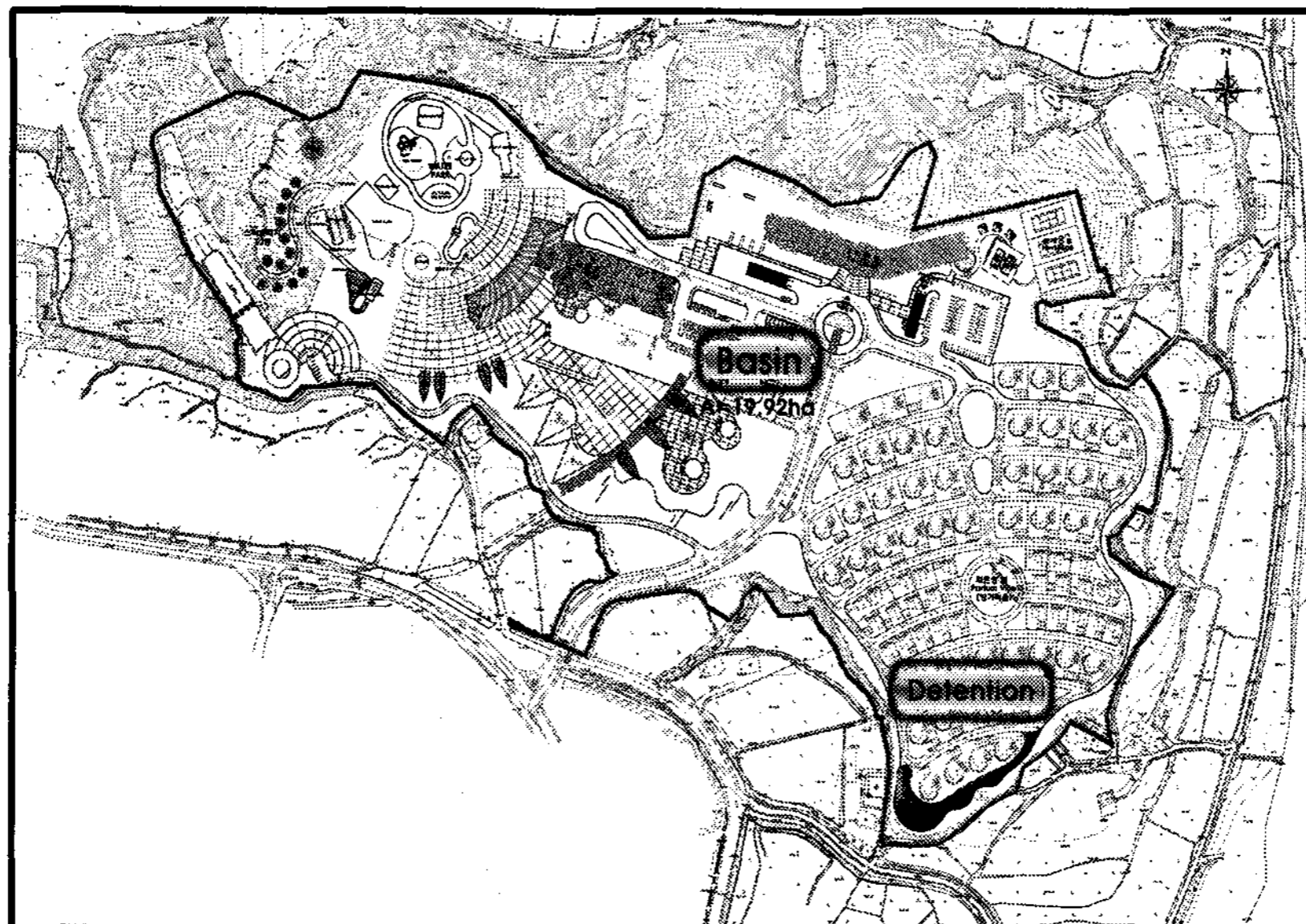
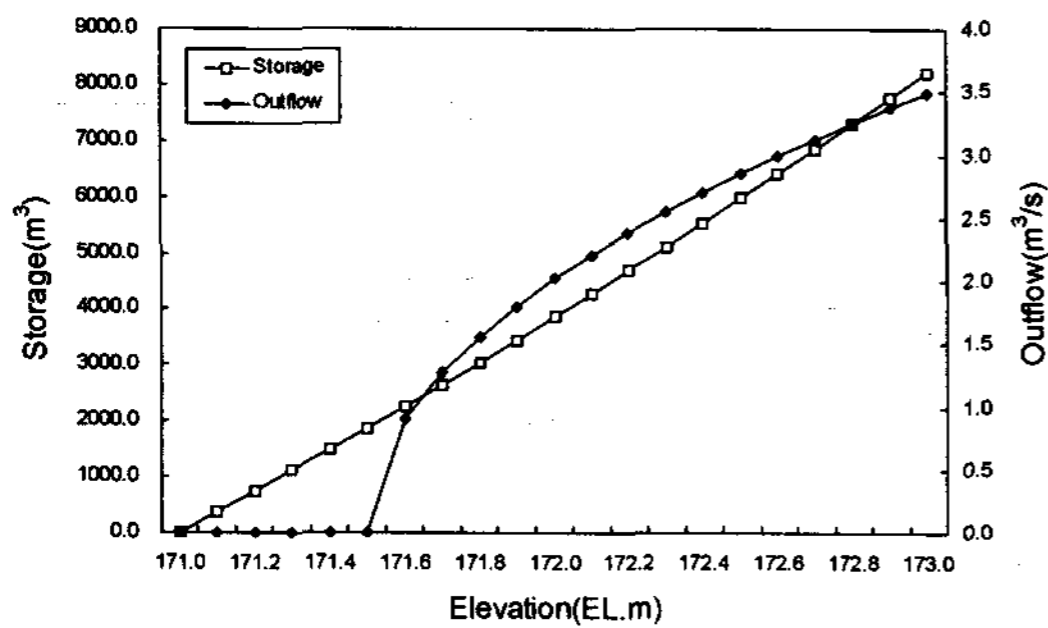


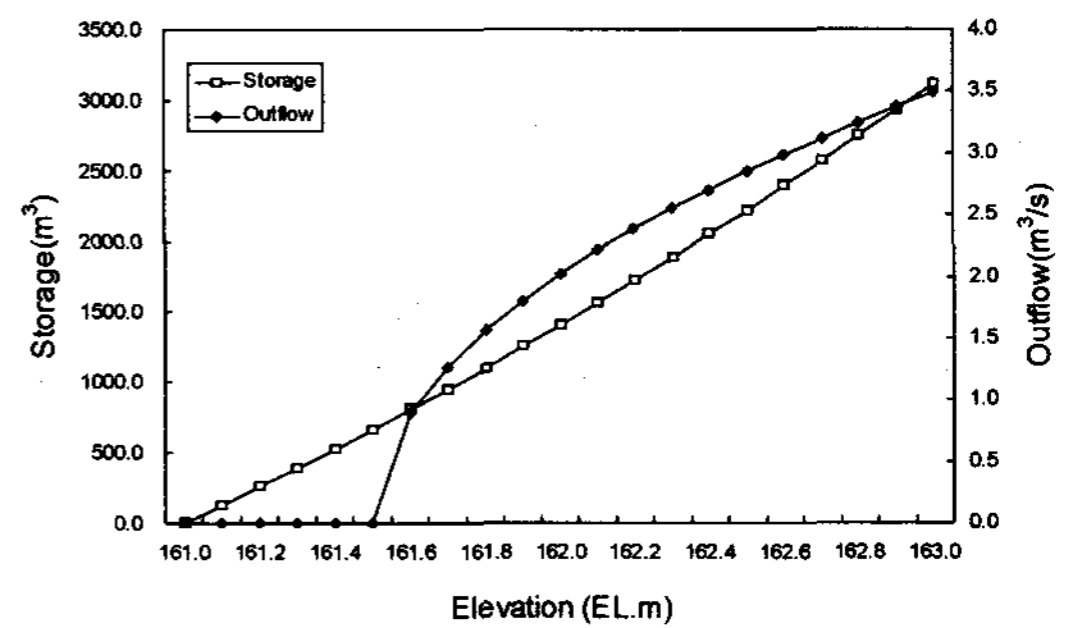
Fig. 7. Location of Flood detention basin.

Table 3. Comparison of operating results of Flood detention basin

Classifications	Detention 1	Detention 2	Remarks
Watershed area(ha)	14.06	5.86	Reservoir 1 Regulating ratio 38.2% Reservoir 2 Regulating ratio 8.84%
Bottom Elevation(EL. m)	171.0	161.0	
Top Elevation(EL. m)	173.0	163.0	
Reservoir area(m ²)	4125	1535	
Reservoir Volume(m ³)	12375	5373	
Outlet Elevation(EL. m)	171.5	161.5	
Inflow(m ³ /s)	3.53	1.47	
Outflow(m ³ /s)	2.18	1.34	
Max. Storage(m ³)	4208	986	
Max. Elevation(EL. m)	172.08	162.0	

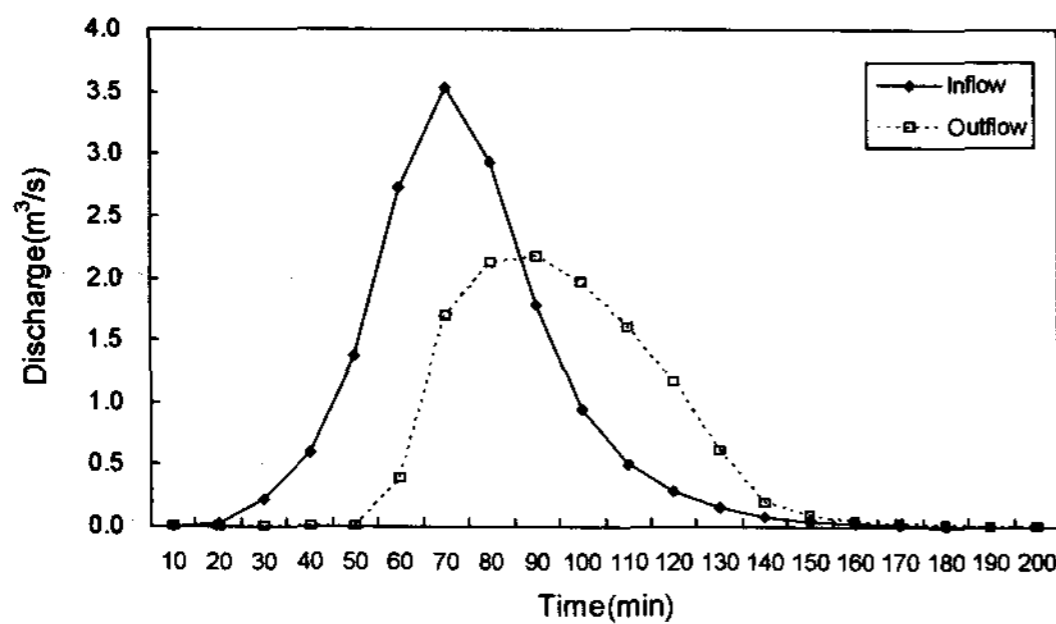


(a) Detention 1

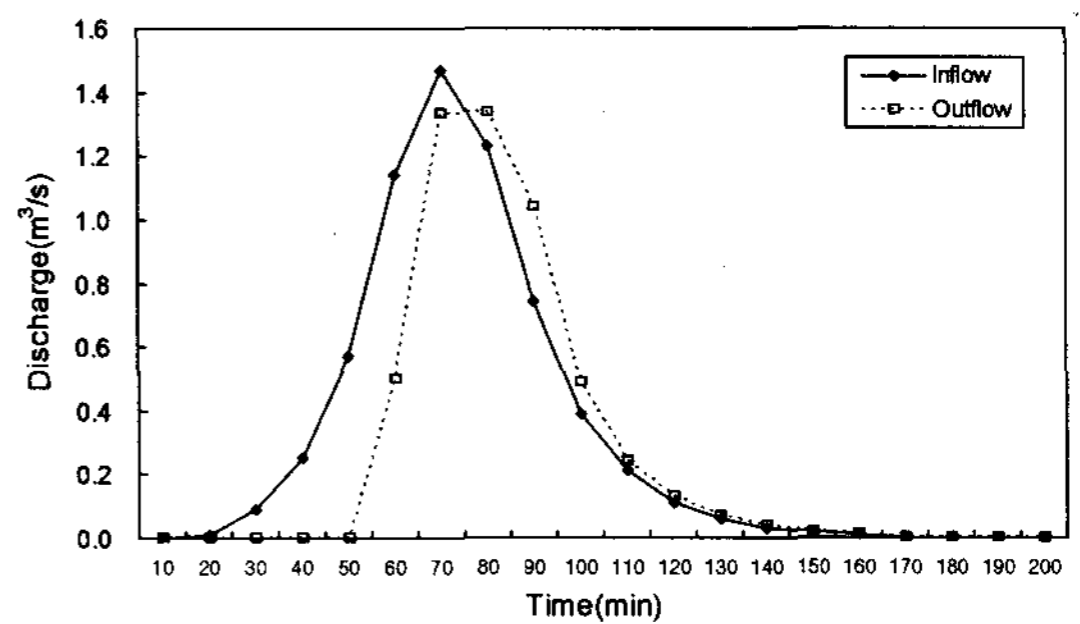


(b) Detention 2

Fig. 8. The water level-volume relation curve of detention basin.



(a) Detention 1



(b) Detention 2

Fig. 9. Hydrograph of detention.

율은 각각 38%, 8%로 나타났으며, 하류로 방류되는 양은 각각 2.18 m³/s로, 1.34 m³/s로 나타났으며 조절지를 설치하지 않을 경우에 비교하여 하류로 방류하는 유량은 크게 감소되는 것으로 나타났다.

3.2.3. 저류지 용량의 평가

본 연구 대상 저류지의 홍수조절용량 평가를 위하여 Table 1에 나타낸 식들을 이용하여 소요저류용량을 산정하여 평가하였다. 용량산정을 위해 필요

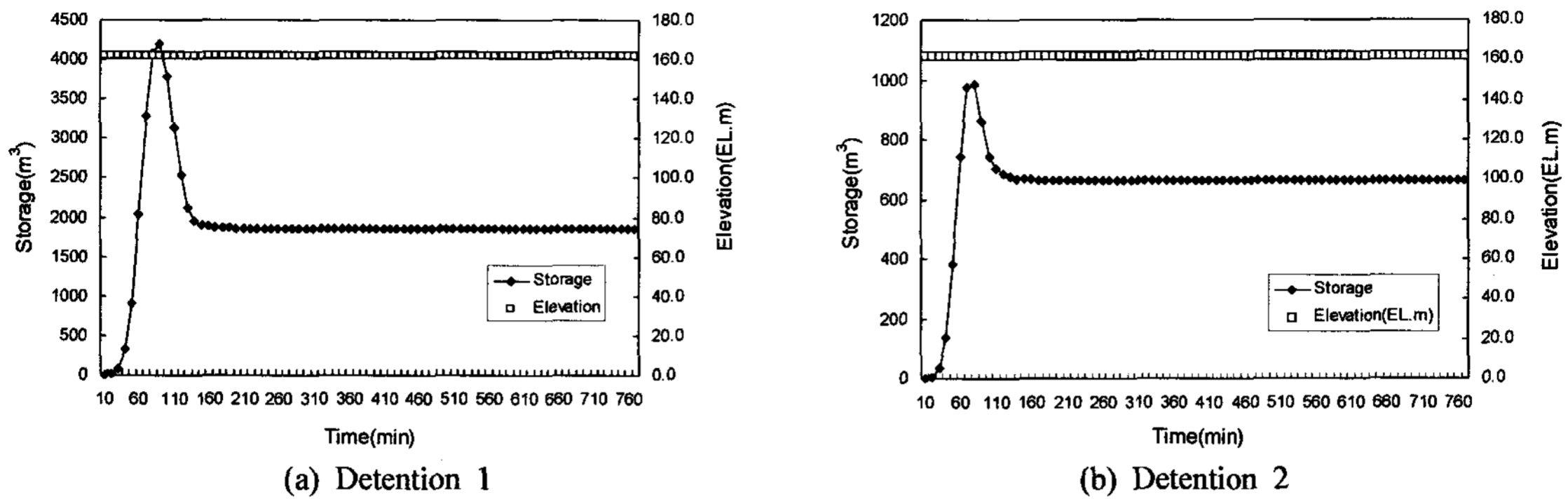


Fig. 10. Analysis results of detention basin.

Table 4. Results of required storage by Design Aid Equations

No.	Single	Detention 1	Detention 2	Data	Single	Detention 1	Detention 2
1	12,448	5,638	840	$S_R(m^3)$	17,167	12,117	5,050
2	3,709	1,810	42				
3	7,979	4,733	475	$Q_p(m^3/s)$	2.89	2.18	1.34
4	2,877	1,840	706	$I_p(m^3/s)$	5.40	3.53	1.47
5	4,518	2,908	710				
6	710	146	48	$T_b(min)$	180	130	120
7a	8,723	5,481	1,129				
7b	7,059	4,211	468	$t_c(hr)$	1.26	0.29	0.27
8a	8,650	5,479	1,101	$t_d(min)$	180	60	60
8b	6,427	3,681	46				
9a	8,597	5,395	1,099	$t_p(min)$	180	60	60
9b	6,814	4,054	432				

한 자료를 수집하여 저류용량을 산정한 결과는 다음 Table 4에 나타내었다.

본 연구대상유역에 홍수추적을 통한 최대 저류용량의 경우 단일 저류지일 경우 8,232 m³이고 복수 저류지의 경우 저류지 1은 4,208 m³, 저류지 2는 986 m³으로 산정되었으나, 단일저류지의 경우 제안된 식의 경우 Wycoff and Singh(1번식), Kessler and Diskin(7번식) 그리고 McEnroe(8번식)이 대체로 근사하게 나타나는 것으로 판단되며 이들식을 저류지 초기 용량 결정에 있어 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 산지 개발지역의 홍수피해를 저감

하기 위하여 하류부에 홍수 조절지 1개소의 설치와 2개소의 설치시를 비교 분석하였고 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1) 본 연구에서 영주지역의 강우자료를 통해 확률 강우량을 산정하여 홍수조절지 1개소 설치 시와 2개소 설치 시를 비교하여 유역의 홍수조절효과가 있음을 확인하였다.

2) 하류에 1개소의 저류지의 설치할 경우 유역의 홍수 조절 율은 46% 이상으로 나타났으며, 침투 저감효과가 크나 저류지 용량이 과대해지고 한곳에 배수시스템을 집중시켜야 하는 단점이 있는 것으로 판단된다.

3) 중류부와 하류부에 홍수조절지를 2개소로 나누어 설치할 경우 조절 율은 각각 38%, 8%로 나타

났으며, 2개소의 조절효과를 합할 경우 하류에 1개소 설치와 비슷한 조절효과를 나타내는 것으로 나타났다.

4) 저류지의 초기용량 결정에 따른 시행착오범으로 인한 시간의 절감을 위하여 기존의 연구에서 제안된 식으로 본 연구의 저류지 결정과정에 따라 비교한 결과 Wycoff and Singh 모형, Kessler and Diskin 모형 그리고 McEnroe 모형이 대체로 근사하게 나타나는 것으로 판단되며 이들 식을 저류지 초기 용량 결정에 있어 이용할 경우 시간과 노력을 단축시킬 수 있을 것으로 판단된다.

5) 본 연구결과를 이용하여 산지유역의 홍수 조절지 설치 및 위치선정과 용량산정에 있어 시간을 절약하는 중요한 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대되며, 조절지 설치를 통한 유역의 치수안전도를 확보하여 재해예방에 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 3차년도 충주대학교 대학구조개혁지

원 사업비의 지원을 받아 수행한 연구임.

참고 문헌

- 1) 국립방재연구소, 1998, 방재조절지의 설계지침 개발 (I), 3.
- 2) 김지태, 권욱, 김영복, 김수전, 2006, 도시유역의 분담저류 방식에 따른 유출저감특성 분석, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 39(11), 915~922.
- 3) Sukegawa N., Kitagawa Y., 1886, Flood Runoff Model for Small Urban Watershed with Detention Basins, JSCE, II-18(13), 2111-2113.
- 4) 오건홍, 박기범, 장인수, 2007, 저류지 위치에 따른 홍수조절 효과 검토, 2007 한국환경과학회 가을 학술발표회 논문집, 139-142.
- 5) Mays L. W., 2001, Stormwater collection systems design handbook, 7.12-7.15.
- 6) 소방방재청, 국립방재연구소, 2004, 유역분담 저류지 확보 및 관리기술 개발(I), 69.
- 7) 박민규, 2007, 소규모 저류지 설계시 홍수조절용량의 초기가정, 한국수자원학회지, 40(8), 89-90.