

도시유역의 분담저류 방식에 따른 유출저감특성 분석

Analysis of Runoff Reduction Characteristics According to Alloted Detention System in Urban Area

김 지 태* / 권 옥** / 김 영 복*** / 김 수 진****

Kim, Ji Tae / Kwon, Wook / Kim, Young Bok / Kim, Soo Jun

Abstract

National Emergency Management Agency is planning a flood disaster mitigation system in urban area. This research is about analysis of runoff reduction efficiency of the alloted detention system which is one of flood disaster mitigation systems in urban area. The alloted detention system is composed of small to middle size detention facilities located in up and middle stream of urban basin. To analyze runoff reduction efficiency of alloted detention system, basic runoff analysis in test area has been carried out and runoff characteristics with size and locations of detention facilities has been simulated. The results of simulation are showing that alloted detention system can reduce the discharge of main stream and detention facilities' size and locations are major parameters of runoff reduction efficiency. It is concluded that alloted detention system can be a useful method in urban area's flood disaster mitigation and can secure safety against flood damages in urban areas.

keywords : alloted detention system, runoff reduction

요 지

본 연구는 소방방재청에서 계획하고 있는 도시유역의 침수피해를 방지하기 위한 대책 수립의 일환으로 도시유역의 중상류부에 중소규모의 저류지를 설치하는 방안에 대한 유출저감 효과 분석에 관한 것이다. 이를 위해 시범유역을 선정하여 유출분석을 실시하였고 저류지의 위치와 규모에 따른 유출저감 정도 및 치수안전도 확보 효과를 분석하였다. 분석결과 유역의 유출량을 모두 하도에서 소통시키는 개념이 아닌 유역에서 홍수량의 일부를 저류하여 유량을 분담하는 유역분담 저류지를 설치함으로써 하도의 부담을 완화시킬 수 있음을 확인하였고 저류지의 입지 및 규모의 선정에 따라 그 효과에 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 중상류부에 저류지를 설치하는 경우 하류부 유출 저감에는 상당히 효과적인 것으로 나타나 유역의 치수안전도 확보에 효율적인 방안이 될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 유역분담 저류지, 유출 저감

* 정회원 · 소방방재청 방재연구소 연구관
Sr. Researcher, NIDP, Mapo-Gu, 121-719, Korea (e-mail: jtkim77@nema.go.kr)

** 정회원 · 전임 소방방재청장
Ex-Director, NEMA, Jongro-Gu, 110-760, Korea

*** 정회원 · 소방방재청 방재연구소 연구사
Researcher, NIDP, Mapo-Gu, 121-719, Korea (e-mail: wingof@nema.go.kr)

**** 정회원 · 소방방재청 방재연구소 연구원
Researcher, NIDP, Mapo-Gu, 121-719, Korea (e-mail: soojuny@nema.go.kr)

1. 서론

최근 들어 우리나라는 반복되는 수해로 큰 피해를 입고 있다. 특히 국지성 집중호우 등 좁은 지역에 많은 양의 호우가 집중되는 현상이 빈번히 발생하고 있다. 국지성 집중호우 등은 예측이 어렵고 도시지역 등에 내리는 경우 심각한 피해를 불러일으키고 있다. 또한 강우량의 증가로 시간, 일 최대강우량의 기록이 해마다 경신되고 있어 하천 및 주요 시설의 설계 당시 설계빈도에 의한 계획홍수량은 더 이상 의미가 없는 지경에 이르고 있다. 따라서, 유역의 유출량을 하도, 유역 하단부 우수지 등에서만 처리하는 기존의 방식으로는 홍수 제어에 한계가 드러나고 있다. 특히 도시지역에서는 하천 범람 등 외수에 의한 홍수피해 뿐만 아니라 우수관망의 통수능 부족으로 인한 배수불량으로 곳곳에서 침수가 발생하는 양상을 보이고 있다. 따라서 유출량을 하도로만 소통시키던 방식에서 탈피하여 유역의 중상류 부분에 저류지 등을 설치하여 유출량의 일부를 유역 내에서 분담하는 유역분담 저류지를 이용하는 방안의 필요성이 절실한 실정이다.

소방방재청(2004)에서는 도시유역의 홍수피해 저감을 위해 다양한 방안을 계획하고 있으며, 국립방재연구소(2003)에서는 이러한 방안의 일환으로 유역분담 저류지를 설치하는 경우 유출저감효과 분석에 대한 연구를 실시하여 그 실용성을 검증하고자 하였다.

도시 유역의 유출저감 대안 중 저류시설을 이용하는 방법에 대해서는 국내외에서 많은 연구가 진행되고 있다. 국내에서 이종태 등(1991)과 이종태와 윤세의(1993)는 도시화 영향을 고려하여 저수지 계획모형을 비교하고 서울지역을 중심으로 우수지 설계를 위하여 계획강우의 임계지속시간을 결정하였고, 이정식과 이재준(1995)은 도시유역에서 지체저류시설의 크기와 위치를 나타내는 회귀식을 제시하였으며, 김학수(2002)는 SWMM모형을 이용하여 유출저감시설이 배수구역의 유출현상에 미치는 영향을 분석하는 등 저감시설 자체의 용량검토 위주의 연구가 주로 진행된 바 있다. 미국 ASCE(1992)에서는 Oklahoma주 Tulsa시의 Vensel Creek 유역에서 지역내·외 시설의 홍수량 저감 효과에 대하여 분석하였고, Yeh and Labadie(1997)은 홍수저감과 수질개선을 위한 다목적의 유역저류지를 제시하였으며, Emerson et al.(2003)은 HEC-HMS모형을 이용하여 홍수용량 뿐만 아니라 저류지 위치에 따른 유출 저감효과에 대하여 연구하는 등 유역내에서 저류지의 효과에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 파주시 유역을 대상으로 하여, 그 적

용성이 널리 인정되고 있는 도시유출모형인 SWMM모형을 이용한 유출해석을 실시한 후 저류지의 용량과 설치 위치에 따른 효과뿐만 아니라 저류지 연계 운영에 의한 유출저감 효과를 검토해 보기로 한다.

2. 기본 이론

2.1 저류지 설치 계획

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 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 계획에 feedback하는 과정을 통해 최적화를 이루어야 한다.

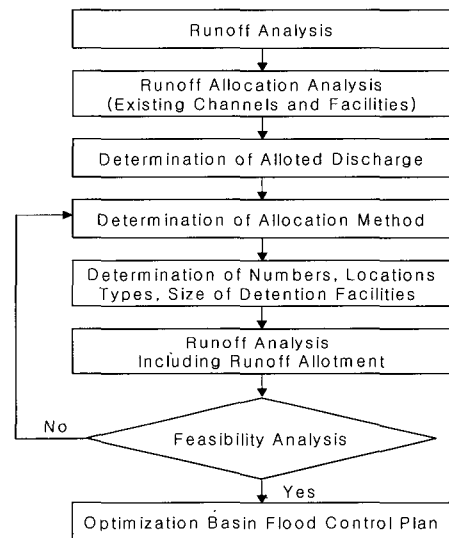


Fig. 1. Flow Chart for Alloted Detention Plan

2.2 유출해석

본 연구에서는 도시유역의 유출을 정량적으로 모의하고 관거내 수면형 및 배수, 역류, 압력류 등을 계산하기 위하여 미국 EPA(Environmental Protection Agency)의 SWMM 모형을 선정하였다. SWMM 모형은 1971년 미국 EPA의 지원하에 Metcalf & Eddy사가 Florida 대학 및 WRE(Water Resources Engineers)와의 공동연구로 개발한 모형으로서, 도시유역 하수시스템 내의 유량과 수질을 모의할 수 있다. 1981년에는 SWMM 모형내의 TRANSPORT 블록을 확장, 보완하

기 위해 설계된 EXTRAN 블록이 SWMM 모형에 추가됨으로써 유출모의시 수공구조물의 월류, 배수, 압력류 등의 계산이 가능하도록 개선되었다. SWMM 모형은 도시구역 내에서 강우사상으로 인해 발생하는 유출량과 오염물질에 대한 지표면 및 지표하흐름, 배수관망에서의 유출량 추적, 저류량 산정, 오염물질의 처리와 비용 계산 등을 모의할 수 있는 종합적인 모형이다(Huber and Dickinson, 1988). 특히, SWMM의 여러 실행블록 중에서 지표면유출을 위해서는 RUNOFF 블록, 관거에서는 EXTRAN 블록을 사용하였으며 이 중 EXTRAN 블록에서 저류지의 모의가 가능하다. RUNOFF 블록에서는 유역을 비선형저수지로 가정하여 연속방정식과 Manning공식에 의해 지표면 유출량이 계산되고, EXTRAN 블록에서는 관거내 유량과 수심을 계산하기 위해 Dynamic 방정식에 의하여 흐름을 추적하며, 비정상 연속방정식과 St. Venant 식이 기본방정식으로 사용된다. 본 연구에서 우수 저류량은 EXTRAN 블록에서 'storage junction'을 이용하였다. 이 항은 저류지가 관로로 연결되어 저류지의 면적과 깊이를 입력함으로써 지체가 발생하도록 하는 것이다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 node J에 저류지를 입력하게 되며 저류지의 면적을 ASTORE에, 저류지의 높이를 ZCOWN 변수에 입력하도록 되어 있다. 이때 저류지에서 계산되는 수위는 Fig. 2에 제시된 식에 의해 계산된다. 여기서 AS는 관로의 횡단면적이다. 서울특별시(2000)에서 발간한 보고서에도 구역 내 저류시설의 경우 저류 면적당 방류량을 고려하는 것이 바람직하다고 제시되고 있다.

3. 적용 및 결과

3.1 대상 구역

파주시는 한반도 중심부인 경기도 서북부의 서울과 개성의 중간지점에 자리잡고 있다. 총면적은 682.70 km²

이며 동쪽으로 감악산, 노고산, 개명산 등의 비교적 중 규모 산악지형으로 둘러싸여 있으며 양주시, 동두천시, 연천군 등과 경계를 이루고 있다. 전반적으로 저지대 지역으로 형성되어 있으며, 국가하천 4개소 및 지방하천 30개소가 위치하고 있다(Fig. 3). 파주시는 최근 다양한 호우로 인해서 피해가 반복적으로 발생한 일부지역을 재해위험지구 등으로 구분하여 홍수피해 저감을 위한 항구복구 대책사업을 실시하고 있다. 본 연구의 대상 유역은 하류부 외수위의 영향을 많이 받고 있는 지역으로 배수펌프장이 설치되어 가동되고 있으며 배수 펌프장에 의해 침수가 방지되고 있다. 그러나, 본 연구는 유역 내에 위치한 저류지의 홍수저감 효과를 분석하는 데에 목적이 있으므로 대상 유역의 지형 및 관망을 그대로 이용하되 외수의 영향을 배제하고 배수펌프도 가동하지 않는 것으로 가정하였다. 또한, 본 유역에서 저류지의 부지를 수문·수리학적으로 필요한 위치에 실제로 확보하기는 어려우므로 소유역의 출구 즉, 관로의 접합부에 저류지 확보에 필요한 부지가 있다고 가정하고 유출해석을 실시하였다. 따라서, 본 연구에서 제시된 침수현황 및 예상도 등은 배수펌프장이 가동되지 않는다는 가정 아래 공학적인 해석을 실시한 것이며 실제 상황과는 다를 수도 있다.

3.2 유역의 유출해석

3.2.1 강우량 분석

본 대상유역 인근의 의정부측후소를 대상으로 분석한 “문산 첨단산업단지(선유지구) 재해영향평가서(경기 지방공사, 2004)”의 확률강우강도식으로부터 확률강우량을 산정하였다. 산정한 강우강도식을 이용한 확률강우량은 “향양리 배수펌프장 설치공사 기본 및 실시설계 보고서(서울지방국토관리청, 2003)” 및 “정릉천 등 5개 하천하천정비 기본계획보고서(서울특별시, 2002)”, “임진강 수계 하천정비 기본설계보고서(경기도, 2003)”,

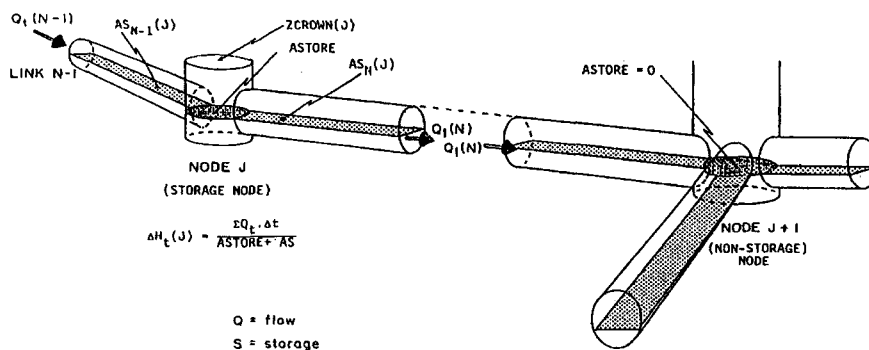


Fig. 2. Storage Junction in SWMM

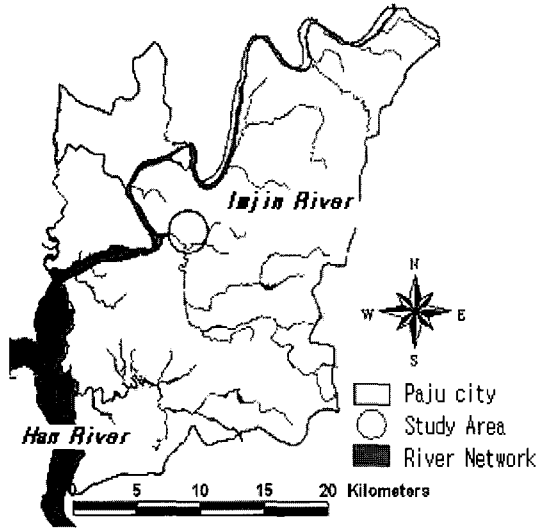


Fig. 3. Simulated Basin (Paju)

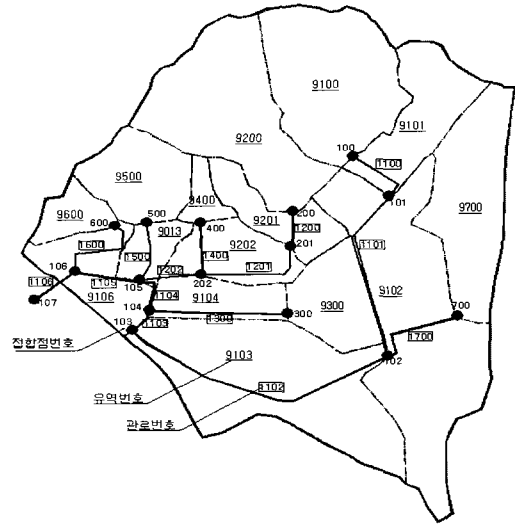


Fig. 4. Drainage Network

“1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서(건설교통부, 2000)”, “2001 수해백서(서울특별시, 2001)” 등에서 제시한 확률강우량과 비고를 통하여 검증하였다. 강우강도식을 단기와 장기로 구분하여 선정하였으며, 단기 강우강도식(180분 미만)의 경우 50년 빈도 이하에 대하여 Japanese형을, 80년 빈도 이상에서는 Talbot형을 제시하였으며, 장기 강우강도식(180분 이상)의 경우 Talbot형을 채택하였다. 산정된 회귀식은 Table 1과 같다. 본 연구의 적용 대상유역 면적이 1km²를 초과하지 않은 점을 고려해보면 장기간의 강우강도식보다는 단기간의 강우와 짧은 지속시간만 고려해도 될 것으로 판단되므로 “문산 첨단산업단지(선유지구) 재해영향평가서”에서 산정된 회귀식 중 짧은 재현기간 및 지속시간에 따른 강수량을 Table 1과 같이 정리하였다.

강우의 시간적 분포 방법으로 Keifer & Chu 방법, Huff의 4분위법, Pilgrim & Cordery 방법, Yen & Chow 방법 등이 있는데, 본 연구에서는 이 중 일반적으로 사용하는 Huff의 4분위법을 적용하였다. Huff의 4분위법은 강우지속시간을 4등분한 후 실측강우자료

를 바탕으로 해당지역의 강우가 임의 지속시간동안 어떠한 형태로 분포하는 지를 통계적인 기법을 통해 분석한 것이다. 강우의 시간적분포에 관한 연구인 “1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 제2권 지역적 설계강우의 시간적 분포(건설교통부, 2000)”에서 강우의 통계적 특성과 지역적인 특성을 고려하여 국내 주요지점에 대해 Huff의 무차원 누가곡선을 제시하였는데, 이 중 본 연구 대상유역내 대표 관측소인 의정부측후소와 인접한 서울측후소의 무차원 누가곡선에 의한 설계강우의 시간분포를 Table 2에 나타내었다. 4분위 무차원 누가곡선인 경우 두 관측소간 약간의 차이가 있지만, 전반적으로 서울측후소의 강우분포 특성과 유사한 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 의정부측후소 강우의 시간적 분포형이 서울측후소의 강우분포형을 따른다고 가정하였으며, “문산 첨단산업단지(선유지구) 재해영향평가서(경기지방공사, 2004)”에서 산정한 의정부측후소의 확률강우량을 Huff의 4분위법 중 최빈분위인 2분위를 사용하여 강우를 분포시켜 홍수유출량을 산정하였다.

Table 1. Rainfall Frequency of Uijeongbu Observatory

Return Period (year)	Rainfall Intensity Formula	Rainfall-Duration (mm)						Remark
		10min	20min	30min	40min	50min	60min	
10	$I = \frac{675.8220}{0.6215 + t^{0.5}}$	18.75	34.70	48.44	60.39	70.89	80.19	Japanese type
20	$I = \frac{801.7570}{0.7813 + t^{0.5}}$	21.66	40.17	56.17	70.13	82.43	93.35	
30	$I = \frac{873.2286}{0.8362 + t^{0.5}}$	23.38	43.39	60.70	75.84	89.17	101.02	
50	$I = \frac{963.7458}{0.9131 + t^{0.5}}$	25.48	47.33	66.28	82.86	97.49	110.50	

Table 2. Huff's Nondimensional Cumulative Curve (Seoul Observatory)

(Unit : %)

Duration	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1st quarter	0.0	21.0	45.2	62.5	72.4	77.8	83.6	88.0	92.9	96.9	100.0
2nd quarter	0.0	4.5	12.6	26.8	50.0	69.8	82.0	90.1	94.6	97.9	100.0
3rd quarter	0.0	3.8	7.9	14.3	21.6	34.2	54.3	75.7	91.1	96.9	100.0
4th quarter	0.0	3.8	7.9	11.4	16.4	22.4	28.6	37.5	56.9	83.9	100.0

3.2.2 유출량 모의

대상유역이 도시유역임을 감안하여 국내에서 널리 활용되고 있는 도시유출모형인 SWMM을 이용하여 유출량을 정량적으로 모의하고자 하였다. 도시유역의 주 흐름은 관망에 의해 이루어진다. 따라서, 유역의 홍수특성을 파악하기 위해서는 관망의 통수능을 검토해야 한다. Fig. 4에서 도시한 유역의 관망에서 각 관로의 접합점 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 200, 201, 202, 300, 400, 500, 600, 700번의 제원은 Table 3과 같다. 유출모형에 대한 입력자료를 구축하여 지속시간 60분에 대한 재현기간 10년, 20년, 30년, 50년의 설계강우에 대한 유역 관망의 통수능을 검토하였다.

3.2.3 유역분담 저류지 효과 분석

유역의 홍수량을 분담하기 위하여 전체 유역을 각 소유역의 표고를 중심으로 상류, 중류, 하류의 세 지역으로 구분하였다(Fig. 5). 유역의 홍수 특성 분석 결과에 의하면 대상 유역은 주로 중상류부에서 침수가 예상되고 있고 유역분담 저류지의 기본 개념도 유역의 중상류부에 저류지를 운영하는 것이므로 중상류부에 저류지를 설치하는 것으로 계획하였다. 이를 위해 우선 상류

부 5개 지점에 저류지를 설치하여 최적의 위치 및 규모를 찾아내고 다음 단계로 중류부 4개 지점에서의 유출저감효과를 파악한 후 유역 전체에서 최적의 저류지 계획을 수립하였다.

가. 저류지 설치 위치별 홍수량 변화 분석

(1) 상류부에 저류지를 설치하는 경우

유역의 상류부에 저류지를 설치한다는 계획에 따라 저류용량을 10,000m³의 저류지를 가상으로 설치·운영하였을 때 유역의 유출특성 변화를 모의하였다. 저류용량은 일반적인 학교 운동장의 넓이를 10,000m²로 보고 이 넓이에 수심 1m로 저류지를 운영하였을 때를 가정한 것이다. 상류부 5개 소유역의 출구지점에 저류지를 각각 설치하여 운영하였을 때 유역의 유출특성 변화를 분석하였으며 그 결과는 Fig. 6과 같다. 모의운영 결과 102지점에 저류지를 설치하는 경우 유역의 출구에서 유출저감 효과가 가장 뛰어난 것으로 나타났다. 그리고 Fig. 7과 같이 재현기간(10년-50년)에 따라 저류지 위치별로 침투유출량 변화를 확인한 결과 명확한 비교가 가능하였으며 재현기간이 증가할수록 개별 저류지의 유출저감 효과는 감소하는 것을 알 수 있었다.

Table 3. Characteristics of the Pipeline

Pipe Number	Shape	Magnitude (m)	Length (m)	Slope
1100	Circle	0.6	117.3	0.0391
1101	Box	1.0×1.0	334.8	0.0068
1102	Box	2.5×3.0	498.2	0.0028
1103	Box	2.5×3.0	41.1	0.0012
1104	Box	3.0×3.0	82.9	0.0006
1105	Box	3.0×3.0	135.1	0.0004
1106	Box	3.0×3.0	22.4	0.0022
1200	Box	1.5×1.5	107.9	0.0376
1201	Box	2.0×2.5	150.6	0.0020
1202	Box	2.0×2.5	89.3	0.0028
1300	Box	1.5×2.0	221.3	0.0049
1400	Circle	0.6	99.9	0.0380
1500	Circle	1.0	115.9	0.0358
1600	Box	0.7×0.7	162.1	0.0261
1700	Box	1.8×1.8	143.0	0.0043

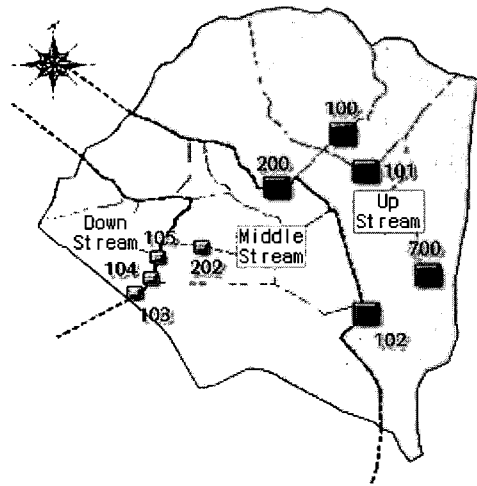


Fig. 5. Classified Basins and Position of Storages

(2) 중류부에 저류지를 설치하는 경우

유역의 중류부에 10,000m³의 저류용량을 가진 저류지를 설치할 경우 유출총량은 감소되었으나, 그 효과는 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 좀더 큰 저류용량을 가진 저류지를 설치해야 할 것으로 판단되었고 다음과 같이 저류용량을 두 배로 하여 20,000m³로 운영할 경우 유출구 유출특성 및 침수예상지역 변화에 대하여 모의하였다(Fig. 8 참고). 저류지 103, 104, 202의 경우 수문곡선의 상승, 하강을 두 번 반복하는 것을 보이고 있는데 이는 저류지 위치가 관로의 합류부(105번) 직 상류부에 위치하여 유량이 저류되었다가 방류되는 과정이 민감하게 반응된 것이라고 판단된다.

Fig. 9에는 중류부에서 저류지 설치 위치에 따른 재현기간별 유역 출구의 침투유출량을 도시하였다. 앞에서 설명한 바와 같이 103번 지점과 202번 지점이 침투

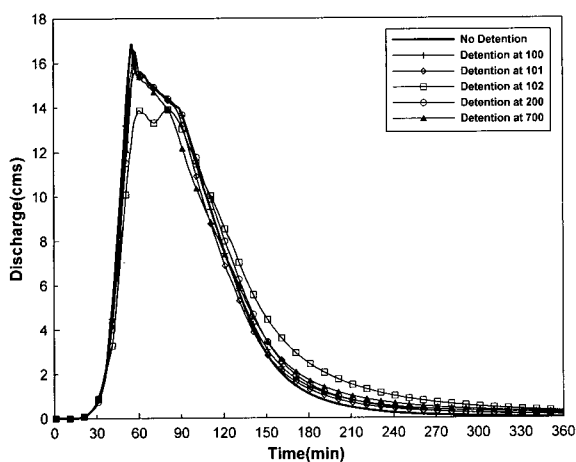


Fig. 6. Hydrograph by the Position of Detention Facilities(upstream, 50 year Frequency)

유출량이 낮게 나타나고 있는데 202번의 경우 낮은 재현기간에서 침투감소량이 103번 보다 적은 것을 알 수 있다. 전반적인 침투감소율은 상류부에 저류지를 설치하는 경우보다 좋게 나타나고 있는데 이는 저류지의 용량이 상류부 저류지보다 큰 데 기인하는 것으로 판단된다.

나. 상류부와 중류부 설치시 저류효과 비교

유역의 상류부와 중류부에 저류지를 설치하는 경우 어느 쪽이 더 효율적일 것인가에 대한 비교·분석을 하기 위하여 저류지를 상류부에 1개소 설치하는 경우, 2개소를 동시에 설치하는 경우, 중류부에 1개소 설치하는 경우에 대한 유출특성 분석을 실시하였다.

Table 4에 제시한 바와 같이 상류부에 저류지를 단독으로 설치하는 경우와 두 개의 저류지를 동시에 운영하는 경우 침투유출량 저감율은 큰 차이가 나지 않았으며, 중류부에 설치하는 경우 침투저감율이 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 상류부에서는 20,000m³로 저류용량을 증가시켜도 저감효과가 개선되지 않았으며, 중류부에서는 10,000m³로 하였을 때 보다 상당히 개선되었다. 따라서 상류부에서는 저류지 용량을 10,000m³로 하였고, 중류부에서는 상류부에서의 유출량을 수용하기 위해 20,000m³로 운영하는 것이 바람직 할 것이다. 즉, 상류부에는 소규모 저류지가, 중류부에는 상대적으로 규모가 큰 저류지가 적합하다고 볼 수 있다.

Table 5에는 상류와 중류에 저류지 설치시 유역내 월류지점과 월류량을 제시하였다. 상류부, 중류부 모두 세 개 지점에서 월류가 발생하였으며, 상류부에 저류지를 추가하는 경우 한 개 지점의 월류 문제는 해결할 수 있었으며 나머지 두 개 지점에서도 월류량을 감소시킬 수 있었다.

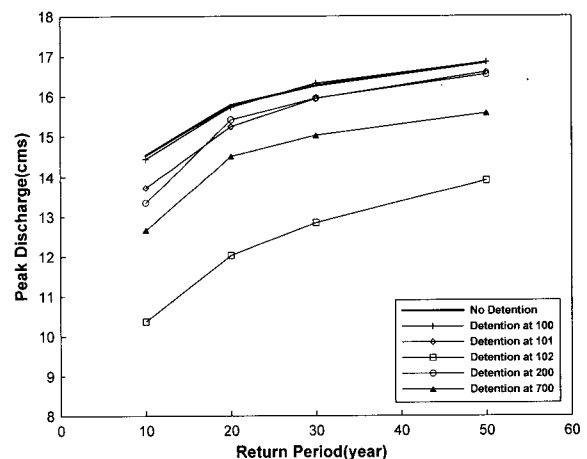


Fig. 7. Variation by the Position of Detention Facilities and Frequency(upstream)

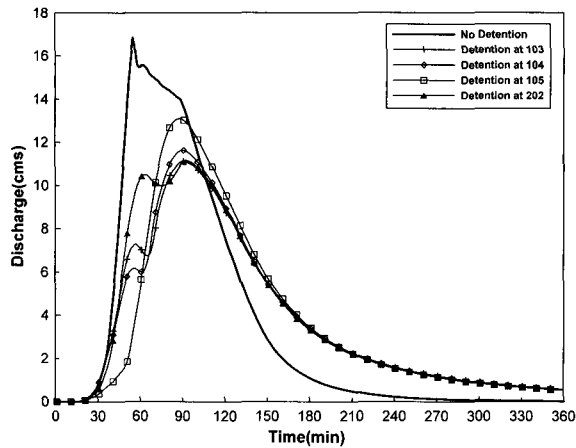


Fig. 8. Hydrograph by the Position of Detention Facilities (middle stream, 50 year frequency)

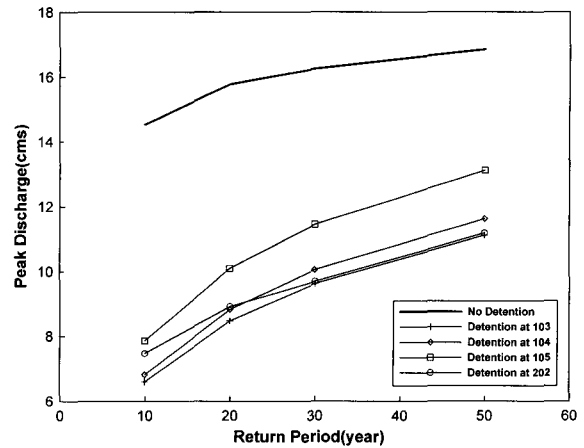


Fig. 9. Variation by the Position of Detention Facilities and Frequency (middle stream)

Table 4. Runoff Reduction Rate of Regional Detention Facilities (located in up and middle stream)

Return Period	No Detention (cms)	1 Detention (Up Stream) (Volume 10,000m ³)		2 Detentions (Up Stream) (Volume 10,000m ³ ×2)		1 Detention (Middle Stream) (Volume 20,000m ³)	
		Peak (cms)	Reduction Rate (%)	Peak(cms)	Reduction Rate (%)	Peak(cms)	Reduction Rate (%)
10년	14.53	10.37	28.6	10.27	29.3	6.60	54.6
20년	15.78	12.03	23.8	11.90	24.6	8.48	46.3
30년	16.26	12.85	21.0	12.72	21.8	9.63	40.8
50년	16.84	13.91	17.4	13.79	18.1	11.11	34.0

Table 5. Status of Overflow (located in up and middle stream)

Overflow Point	Overflow Volume (m ³)		
	1 Detention (Up Stream) (Volume 10,000m ³)	2 Detentions (Up Stream) (Volume 10,000m ³ ×2)	1 Detention (Middle Stream) (Volume 20,000m ³)
100	3,402	-	3,395
101	1,320	731	1,168
700	580	25	580

다. 상류부와 중류부 저류지 동시 운영시 저류효과 비교

상류부와 중류부의 저류지를 동시에 운영하는 경우 저류효과를 비교하였다. Table 6에 제시한 바와 같이 상류와 중류 저류지를 동시에 운영하는 경우 재현기간 50년에 대한 첨두저감율이 54.8%로 상류 저류지를 단독으로 운영하는 경우(17.4%), 중류 저류지 단독으로

운영하는 경우(34.0%)에 비해 첨두 저감효과가 뛰어난 것으로 나타났다. 여기에 상류 저류지를 하나 더 추가하는 경우 첨두 저감효과에는 거의 변화가 없었다.

상류와 중류 저류지를 동시에 운영하는 경우 월류현황을 분석한 결과는 Table 7과 같으며 이 경우 세 개의 저류지를 동시에 운영하는 것이 더 효과가 좋은 것으로 나타났다.

Table 6. Runoff Reduction Rate of Regional Detention Facilities (located in up and middle stream at once)

Return Period	No Detention (cms)	1 Detention (Up Stream) & 1 Detention (Middle Stream)		2 Detentions (Up Stream) & 1 Detention (Middle Stream)	
		Peak (cms)	Reduction Rate (%)	Peak (cms)	Reduction Rate (%)
10년	14.53	5.33	63.3	5.34	63.2
20년	15.78	6.33	59.9	6.33	59.9
30년	16.26	6.90	57.6	6.91	57.5
50년	16.84	7.61	54.8	7.61	54.8

Table 7. Status of Overflow (located in up and middle stream at once)

Overflow Point	Overflow Volume (m ³)	
	1 Detention (Up Stream) & 1 Detention (Middle Stream)	2 Detentions (Up Stream) & 1 Detention (Middle Stream)
100	3,399	-
101	1,284	707
700	232	267

4. 결 론

본 연구에서는 도시유역의 홍수 피해를 저감하기 위하여 기존의 하도 및 유역 하단부 저류 방식에서 벗어나 유역의 중상류부에 저류지를 설치하여 유역의 홍수량을 분담하는 방안을 제안하고 중상류부 저류지 설치시 최적 위치 및 규모를 선정하는 방법을 유역에 대한 적용을 통해 제시하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 유역에 대한 적용 결과 적용 유역에서는 상류부에는 소규모의 저류지를, 중류부에는 비교적 규모가 큰 저류지를 설치·운영하는 것이 효율적인 것으로 나타났다. 상류부에는 저류지의 용량을 증대시켜도 유출저감 효과에는 변화가 없었으며 중류부에서는 저류용량을 증대시키는 경우 유출저감 효과가 증대하는 경향을 보였다.
- 2) 상류부와 중류부에서 각각 최적의 위치와 규모로 선정된 저류지를 동시에 운영한 결과 침투저감 효과가 개선되는 것으로 나타났으나, 상류부에 월류량을 효과적으로 저감시키지는 못했다.
- 3) 상류부 침수를 방지하기 위해 해당 유역에 저류지를 설치한 결과 월류 문제를 해결할 수 있었으나, 이러한 경우 많은 저류지가 필요하게 되어 비경제적일 것으로 판단되며 지역내 저류시설 등이 병용된다면 효과적일 것으로 판단된다.
- 4) 유역분담 저류지 설치 운영을 모의한 결과 중상류부에 저류지를 설치하는 경우 하류부 유출 저감에는 상당히 효과적인 것으로 나타나 유역의 치수안전도 확보에 효율적인 방안이 될 것으로 기대된다.
- 5) 본 연구의 결과는 2004년 소방방재청의 적극적인 의지에 의해 자연재해대책법을 개정, 시행하고 있는 지방자치단체별 풍수해 저감종합대책의 세부 추진지침에 적용하여 사전예방적인 실천적 대책 수립에 적용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

건설교통부 (2000). 1999년도 수자원관리기법개발연구 조사 보고서.
 경기도 (2003). 임진강 수계 하천정비 기본설계보고서.
 경기지방공사 (2004). 문산 첨단산업단지(선유지구) 제

해영향평가서.

국립방재연구소 (2003). 우수유출저감시설 설치기법 연구 종합보고서.
 김학수 (2002). 빗물펌프장과 우수지를 고려한 도시유출 모의, 석사학위논문, 서울대학교.
 서울지방국토관리청 (2003). 향양리 배수펌프장 설치 공사 기본 및 실시설계보고서.
 서울특별시 (2000). 우수유출 저감시설 시범사업 검토연구.
 서울특별시 (2001). 수해백서.
 서울특별시 (2002). 정릉천 등 5개하천 하천정비 기본 계획보고서.
 소방방재청 (2004). 풍수해저감종합계획 수립지침 작성에 관한 연구.
 이정식, 이재준 (1995). "도시유역에서 지체저류시설의 수문학적 설계에 관한 연구", 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제28권 3호, pp. 159-173.
 이종태, 윤세의, 이재준, 윤용남 (1991). "도시화 영향을 고려한 저수지 계획모형", 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제24권 4호, pp. 73-84.
 이종태, 윤세의 (1993). "우수지 설계를 위한 계획강우의 임계지속시간 : 서울지역을 중심으로", 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제26권 1호, pp. 115-124.
 ASCE (1992). "Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems", *Water Environment Federation*.
 Emerson, C.H., Welty, C., and Traver, R.G. (2003). "Application of HEC-HMS to Model the Additive Effects of Multiple Detention Basins over a Range of Measured Storm Volumes", *World Water & Environmental Resources Congress 2003 and Related Symposia 2003*.
 Huber, W.C., and Dickinson, R.E. (1988). *Stormwater management model, ver. 4, part a: user's manual*, EPA-600/3-88/001a, U.S. EPA.
 Yeh, C.H., and Labadie, J.W. (1977). "Multiobjective Watershed-Level Planning of Storm Water Detention Systems", *J. Water Resource, Plng., and Mgmt.*, Volume 123, Issue 6, pp. 336-343.
 (논문번호:06-92/접수:2006.08.31/심사완료:2006.10.18)