

도시 소유역의 설계빈도 산정 및 적정 홍수방어대안

Design frequency estimation in small basin and proper flood defense alternative.

임우생*, 이정기**, 최강수***, 김형수****

Woo Saeng Lim, Jung Ki Lee, Kang Soo Choi, Hung Soo Kim

요 지

기존에는 잠재위험도와 해당지역 하나의 강우관측소에서의 기왕최대강우량을 이용하여 계획빈도를 결정하였다. 그러나 기왕최대강우량은 이미 발생한 최대강우량이기 때문에 안전치를 고려해 산정한 계획빈도를 따라가지 못하였고, 잠재위험도에 따른 계획빈도의 범위가 매우 작은 문제점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 문산천 유역의 기왕최대강우량과 잠재위험도를 이용하여 계획빈도를 산정하는데 필요한 가중치를 결정하였다.

본 연구에서는 수도권지역 6개의 기상청 강우관측소 강우량 자료를 사용하여 크리깅기법으로 공간분포를 시키고자 하였다. 또한, 기왕최대강우량으로 계획빈도를 연결시키는데 있어서 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 계획빈도의 가중치를 산정하고자 하였다.

문산천 유역에 잠재위험도 산정에 따라 계획빈도를 결정한 결과, 크리깅기법으로 문산천 유역에 기왕최대강우량에 해당하는 계획빈도는 160년 정도이며, 회귀식으로 각 소유역별로 계획빈도를 산정한 결과 약 110년에서 120년까지 분포하였다. 이렇게 산정된 계획빈도를 공시지가와 홍수량으로 가중치를 구하여 소유역별로 분포시킨 계획빈도 값은 대략 100년에서 200년으로 산정되었다.

잠재위험도와 피해액 산정기법을 이용하여 문산천에 최적 홍수방어대안을 선정하고자 하였다. 최적 대안을 선정하기 위한 방법론을 제시하고 이에 따라 잠재위험도를 산정하고 유역 분담량을 결정하여 적합한 구조적 홍수방어시설물을 Decision Tree라는 의사결정을 통하여 계획하고 조합하여 3개의 적정 홍수방어대안을 선정하였다.

핵심용어 : 잠재위험도, 크리깅, 소유역의 설계빈도, 적정 홍수방어대안

1. 서 론

2007년 장마기간 중 집중 호우와 장마기간이 지난 후에도 태풍 '나리'에 의한 영향으로 제주지역 등 전국 곳곳에 홍수가 발생하고, 상습 침수 지역은 많지 않은 양의 비에도 불구하고 피해를 입었다. 이러한 기후의 영향으로 예전에 비해 강도가 큰 강우가 빈번하게 발생하고, 홍수피해도 갈수록 커지고 있다.

본 연구에서는 치수안전도의 개념으로 고려하는 대상유역에 대한 홍수피해의 잠재위험도를 산

* 정회원(주)포스코건설 토목환경사업본부 토목지원그룹E-mail : wslim@poscoenc.com

** 정회원.인하대학교 토목공학과 박사과정E-mail : jungki5425@inha.ac.kr

*** 정회원.인하대학교 토목공학과 석사과정E-mail : ih7912@paran.com

**** 정회원.인하대학교 토목공학과 교수E-mail : sookim@inha.ac.kr

정하고, 이를 토대로 소유역들에 대한 설계빈도를 설정하는 방법론을 제시하고자 하였다. 따라서 우선적으로 잠재위험도를 산정하고, 소유역별 설계빈도 설정에 대한 방법론을 제시하며 이와 연계하여 대상유역의 홍수방어대안을 선정하는 내용을 제안하고자 한다. 또한, 잠재위험도에 따른 소유역별 설계빈도 연계 시 크리깅기법을 이용하여 강우의 공간적 분포를 고려하였다. 즉, 서울, 수원, 인천, 강화, 양평, 이천 6개의 기상청 강우관측소에 대해 크리깅 방법을 이용하여 수도권 지역의 확률강우량과 기왕최대강우량을 산정한 결과 수도권지역의 다른 유역에 대해 기왕최대강우량과 잠재위험도에 따른 설계빈도 설정을 고려할 때 이용할 수 있을 것이다.

그리고 잠재위험도에 따른 소유역의 설계빈도가 작은 문제점을 보완하기 위하여 설계빈도의 가중치를 이용하고자 하였다. 가중치는 공시지가와 홍수량을 이용하였는데 공시지가는 해당지역의 자산 가치를 대변하고, 홍수량은 수문학적 위험도를 나타낸다고 가정하였다. 이와 더불어 치수경제성 분석을 통해 홍수방어대안 선정을 위한 방법을 제안하고자 하였다.

2. 문산천 유역 잠재위험도 산정

문산천은 국가하천 임진강의 제1지류로 임진강 하류부의 좌안측으로 합류하며, 하류부 구간은 국가하천이며, 지방2급하천 문산천의 종점구간인 분수천 합류점의 유역면적은 82.33 km^2 , 유로연장 17.93 km의 중규모 하천으로 행정구역으로는 파주시 광탄면, 월릉면 양주군 광적면, 백석면에 위치하고 있다(“문산천수계하천정비기본계획”, 건설교통부(2002)). 표1과 2는 문산천유역 잠재위험도 산정결과이다.

표 1. 행정구역별 잠재위험도

지역별 잠재위험도											
행정구역명		노출성(0.52)			취약성(0.48)					잠재위험도	
		인구밀도지수 (0.84)	공시지가지수 (0.16)	노출성지수	지역낙후도지수 (0.24)	홍수방어능력지수 (0.76)			홍수방어능력지수		취약성지수
						댐 및저수지 (0.54)	배수펌프장 (0.16)	하천개수율 (0.30)			
경기도	양주군	44.38	46.67	44.75	24.85	100.00	0.00	82.00	21.40	22.23	33.94
경기도	파주시	39.92	50.32	41.58	34.91	100.00	100.00	89.52	3.14	10.77	26.79

표 2. 유역별 잠재위험도

중구역명	행정구역명		편입면적 (km^2)	유역별 잠재위험도
비암천	경기도	파주시	10.95	31.23
	경기도	양주군	17.99	
비암천 합류점 ~ 분수천 합류점	경기도	파주시	5.70	26.79
분수천	경기도	파주시	12.11	26.79
보광천 합류점 ~ 비암천 합류점	경기도	파주시	10.31	26.79
문산천 상류	경기도	파주시	8.62	30.18
	경기도	양주군	7.78	
보광천	경기도	파주시	5.72	26.79
		총면적	66.63	

3. 크리깅 기법을 이용한 계획빈도의 연계

수도권지역의 기상청 강우관측소 6곳(서울, 수원, 인천, 강화, 양평, 이천)의 강우자료를 이용하여 크리깅을 실시하였다. 우선, 각 관측소별로 5, 10, 20, 30, 50, 80, 100, 150, 200, 500년 빈도별로 빈도해석을 실시하여, 각 관측소별 기왕최대강우량의 크리깅값이 몇 년 빈도에 해당하는지 확인하였다. 문산천 유역에 해당하는 값만을 뽑아내기 위하여 “Arcview” 프로그램에서 Geoprocessing 기능을 이용하여 문산천에만 해당하는 필요한 강우값을 추출하였다.

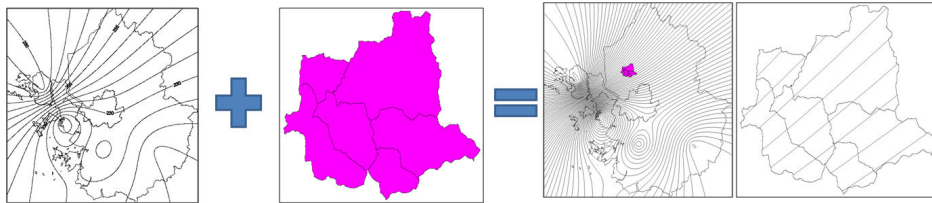


그림 1. 등우선도와 문산천 유역 shape 파일의 중첩

표 3. 크리깅한 확률강우량 값과 기왕최대 강우량(지속시간 24시간)

빈도	5	10	20	30	50	80	100	150	200	500	기왕최대 강우량
크리깅	249.00	299.57	349.96	378.57	414.27	446.74	463.27	490.23	511.26	574.68	495.31

4. 계획빈도의 가중치 산정

공시지가에 의한 계획빈도의 가중치는 면적평균공시지가 개념을 이용하여, 각 행정구역별 면적 평균공시지가를 면적평균 공시지가의 평균치로 나누어서 가중치를 산정하였다. 공시지가는 잠재위험도의 산정에 사용된 값을 이용하였다.

$$\text{면적평균공시지가} = \frac{\text{유역에 해당하는 행정구역의 용도별 면적} \times \text{공시지가}}{\text{유역에 해당하는 행정구역 총면적}} \quad (1)$$

$$\text{Weighting coefficient} = \frac{P_i}{P_{ave}} = \frac{\text{각 행정구역의 면적평균공시지가}}{\text{면적평균된 공시지가의 평균치}} \quad (2)$$

홍수량은 각 소유역별 홍수량을 전체 홍수량의 평균치로 나누어서 가중치를 산정하였으며, “문산천수계하천정비기본계획(건설교통부, 2002)”에 제시된 홍수량 값을 이용하였다.

$$\text{홍수량에 의한 가중치} = \frac{\text{각 소유역의 단위면적 홍수량}}{\text{전체 단위면적당 홍수량의 평균치}} \quad (3)$$

표 4. 잠재위험도와 가중치를 이용한 유역별 계획빈도

중구역명	유역별 잠재위험도	계획빈도 (년)	공시지가 가중치	홍수량 가중치	평균 가중치	최종 계획빈도(년)	문산천 하천정비 기본계획 2002년
비암천	31.23	119.56	1.00	0.75	0.89	106.76	50
비암천 합류점 ~ 분수천 합류점	26.79	114.23	1.41	1.24	1.34	152.75	50
분수천	26.79	114.23	1.41	0.73	1.12	127.50	100
보광천 합류점 ~ 비암천 합류점	26.79	114.23	1.41	1.27	1.35	154.10	50
문산천 상류	30.18	118.37	1.00	0.94	0.97	115.06	50
보광천	26.79	114.23	1.41	1.07	1.26	144.37	50

5. 홍수방어 대안의 최적조합과 대안별 홍수량 저감효과

Decision Tree(의사결정나무)는 data mining의 분류 작업에 주로 사용되는 기법으로, 과거에 수집된 데이터의 레코드들을 분석하여 이들 사이에 존재하는 패턴, 즉 부류별 특성을 속성의 조합으로 나타내는 분류모형을 나무의 형태로 만드는 것이다.

Decision Tree를 이용한 방어대안 분류에서 1차적으로 가장 영향력 있는 분류기준을 유역종합치수계획수립지침(건설교통부, 2001a)에서 제시한 대구분(보수지역, 유수지역, 저지지역)으로 보아 상기 지역의 치수특성에 적합한 방어대안을 선정·분류하였다. 그 다음 분류기준으로는 하류부 홍수량 및 수위 저감 효과를 선택하였다. 지역별 홍수 취약정도와 자산 가치를 고려한 적절한 방어시설 선택을 위하여 하류부에 홍수량을 저감할 수 있는 방어시설과 일시적인 저감효과를 가지는 방어시설로 분류하였다. 마지막 결정인자로는 입지조건을 선택하였으며 유역의 지형조건에 적합한 방어시설을 도출하고자 하였다.

○ Decision Tree를 이용한 홍수방어시설 결정

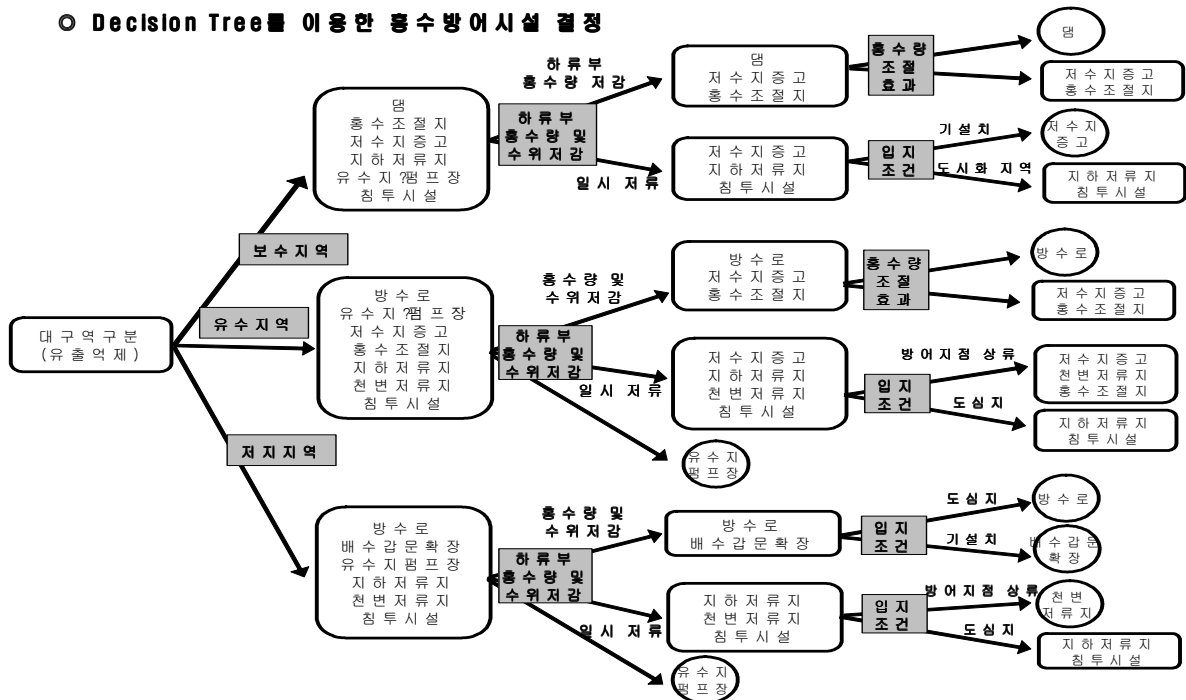


그림 2. Decision Tree를 이용한 홍수방어대안 분류

표 5. 홍수방어 대안 조합

1	발랑저수지(제방증고) + 분수지구(천변저류지)	내용	- 발랑저수지 (제방증고) 0.4 m - 분수천 분수지구 천변저류지: 저류용량 21,150 m ³
		조합 방안	- 발랑저수지와 분수 지구는 대상유역인 문산천의 상류부에 위치하고 있으며, 상류에만 홍수방어대안을 계획하여 하류부 의 홍수량을 저감시키기 위하여 조합하였다. 특히 분수천 분 수 지구는 자산가치가 높으며, 홍수취약도가 높은 문산읍과 신산리가 존재하여 대안을 선정하였다.
2	방축지구(천변저류지)	내용	- 문산천 방축지구 천변저류지 95,400 m ³
		조합 방안	- 방축지구 천변저류지는 문산천의 하류에 위치하고 있으며, 하류에 저류용량이 큰 천변저류지 하나로만 문산천 유역의 홍수량을 부담시키기 위하여 저류지를 조성하였다.
3	발랑저수지(제방증고) + 분수지구(천변저류지) + 방축지구 (천변저류지)	내용	- 발랑저수지 (제방증고) 0.4 m - 분수천 분수지구 천변저류지: 저류용량 21,150 m ³ - 문산천 방축지구 천변저류지: 95,400 m ³
		조합 방안	- 지류 상류에만 홍수방어대안을 계획하는 것은 무리가 있다 고 판단되어, 하류부에 방축지구 천변저류지를 같이 조성하 였으며, 분수천 분수 지구는 자산 가치 높으며, 홍수피해취약 도가 높은 지역이 존재하여 조합대안을 선정하였다.

표 6. 문산천 하구 지점의 홍수량 및 저감효과

단위: CMS

빈도(년)	사업전	대안 1	대안 2	대안 3	대안1 저감효과	대안2 저감효과	대안3 저감효과
50	958.54	824.00	579.67	510.42	134.54	378.87	448.12
80	1043.61	898.60	654.27	574.89	145.01	389.34	468.72
100	1083.83	933.88	689.55	605.38	149.95	394.28	478.45
107	1096.00	944.54	700.21	614.59	151.46	395.79	481.41
115	1108.96	955.91	711.58	624.42	153.05	397.38	484.54
128	1128.21	972.79	728.46	639.00	155.42	399.75	489.21
144	1149.34	991.32	746.99	655.02	158.02	402.35	494.32
150	1156.67	997.75	753.42	660.58	158.92	403.25	496.09
153	1160.22	1000.86	756.53	663.26	159.36	403.69	496.96
154	1161.40	1001.89	757.56	664.15	159.51	403.84	497.25
200	1208.22	1042.95	798.62	699.64	165.27	409.60	508.58

각 대안별 홍수량 저감효과를 분석하기 위하여 HEC-RAS 모형을 이용하였다. 홍수량 저감효과는 50, 80, 100, 107, 115, 128, 144, 150, 153, 154, 200년 빈도로 모의하였으며, 사업전과 대안1, 대안2, 대안3 으로 나누어서 모의하였다.

홍수량 저감효과는 대상유역인 문산천의 최하류 지점에 대해서만 대표적으로 나타내었다. 대안 1의 경우 홍수량 저감효과는 165.27 (cms), 대안2는 409.6 (cms), 대안 3은 508.58 (cms)로 나타났다. 유역의 상류와 하류지역에 동시에 천변저류지(방축지구, 신산지구) 와 제방증고 대안을 모두 택한 대안 3의 경우가 가장 많은 홍수량 저감효과를 보였다.

5. 결 론

본 연구는 잠재위험도 산정기법과 피해액 산정기법을 수정·보완하여 개선하고자 하였으며, 잠재위험도와 피해액 산정기법을 이용해 홍수방어대안의 최적 대안을 선정하고자 하였다.

우선, 잠재위험도는 잠재위험도에 따른 설계빈도가 하천정비기본계획이나 유역종합치수계획상의 빈도와 상이한 점, 잠재위험도에 따른 설계빈도의 범위가 너무 작은 점, 강우의 공간분포가 고려되지 않은 점 등 문제점 등을 개선한 기법을 문산천 유역에 적용하여 기존의 문제점을 해결하고자 하였다. 즉, 크리깅기법을 이용하여 강우를 공간분포 시키고자 하였으며, 잠재위험도에 따른 설계빈도의 가중치를 산정하여 원래 유역을 토대로 설계빈도가 설정되어야 하나 현재 그 방법론이 없었고 본 연구에서 이러한 방법론을 제시하였다.

또한, 잠재위험도와 피해액 산정기법을 이용하여 문산천에 최적 홍수방어대안을 선정하고자 하였다. 최적 대안을 선정하기 위한 방법론을 제시하고 이에 따라서 잠재위험도를 산정하고 유역 분담량을 결정하여 이에 적합한 구조적 홍수방어시설물을 Decision Tree라는 의사결정을 통하여 계획하고 조합하여 3개의 대안을 선정하였다. 이 세 개의 대안별로 홍수량 저감효과 분석을 실시하였다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연CO3-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구 성과입니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2000) 수자원장기종합계획
2. 건설교통부(2004) 치수사업 경제성분석 방법연구
3. 건설교통부(2005) 안양천 유역종합치수계획 보고서
4. 김정훈, 김영오(2003) 홍수피해잠재능 개선방안, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 대한토목학회, pp. 2373-2378
5. 박석근, 이진행, 경민수, 김형수(2006) 홍수피해발생 잠재위험도와 기왕최대강우량을 이용한 설계빈도의 연결, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제26권, 제5B호, pp. 489-499
6. 윤태훈, 박진원(2001) 치수 안전도 (Flood Safety Index, FSI)의 지표설정, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 대한토목학회.
7. 한국수자원공사(2001) 치수안전도 지표설정 및 사례연구 보고서 웹사이트.
8. 국가수자원관리 종합정보 홈페이지(www.wamis.go.kr)
9. 국립방재연구소(www.nidp.go.kr)