유역의 특성을 고려한 홍수피해잠재능(PFD) 산정기법연구를 위한 계층화분석기법(AHP) 적용

A Method of AHP for PFD estimation method of which the characteristics of the basin

김인동*, 이채영**, 안원식***
In Dong Park, Chae Young Lee, Won Sik Ahn

요 지

본 연구의 목적은 홍수피해 잠재능 산정을 위하여 항목별 가중치 산정을 통한 계층화분석기법의 적용성을 평가하고자 한다. 홍수피해 잠재능 산정의 경우 유역의 특성에 따른 다양한 항목과 가중치를 적절하게 고려하여야 한다. 그러나 도시화 지역의 경우 외수력과 우수관 미설치에 대한 고려 없이 미리 정해진 절차에 의해 이루어지므로 실제 현장 조건을 정확하게 모사하지 못하고 있다. 따라서 위에서 언급한 것과 같이 두 가지 주요 항목을 홍수피해 잠재능 산정 절차에 반영하여 실제 상황을 보다 잘 모사하고 다양한 전문가 집단의 설문 결과를 반영하여 보다 정확한 판단을 하는 것이 필요하다. 연구결과 항목별 가중치 산정은 주요 항목의 가중치를 산정하는데 효과적인 것으로 나타났다. 또한 외수력과 우수관 설치를 고려한 수정 방법은 홍수피해 잠재능 산정에서 보다 좋은 결과를 제시하였다. .

핵심용어 : 홍수피해잠재능(PFD), 계층화분석기법(AHP), 외수력, 우수관설치, 유역

1. 서 론

홍수에 대한 방어는 하천 양안 배후지의 특성에 따라 결정되어야 하는 것으로, 하천에 의해 피해를 입을 가능성이 있는 하천 제내지 중심의 홍수방어계획이 필요하다. 이 때 동일 하천이라 하더라도 좌안 및 우안의 제내지 특성에 따라 홍수방어대책은 다르고, 상류지역의 하천이라 하더라도 농경지 및 시가지 등의 특성에 따라 홍수방어대책은 다르게 수립되게 된다. 홍수피해잠재능(Potential Flood Damage)은 이러한 점을 감안하여 종합적인 치수계획을 수립하는 데에 있어 전체적인 틀을 세우고 수계 단위의 일관성을 유지하며 지역적 특성을 살린 계획이 가능하도록 고안된 지표이다. 그리고 수문요소뿐만 아니라 사회경제적인 요소까지 포괄하여 특정 치수 단위구역의 홍수에 대한 잠재적인 피해 취약도를 나타내는 지수이다.

그러나 현재 우리가 알고 있는 기존의 홍수피해잠재능의 세부항목은 사회, 경제적인 항목들이 대부분으로 유역의 수문학적 특성을 반영할 수 있는 외수력이나, 우수관 미설치 비율 등 방어취약성 항목에 대한 수문학적 요소들의 추가 반영이 필요하다고 볼 수 있다. 즉, 홍수피해잠재능의 항

* 정회원・수원대학교 토목공학과 박사과정 수료, 수자원기술사, 현 현대엔지니어링(주)・E-mail : kid7411@hec.co.kr
** 정회원・수원대학교 토목공학과 교수・E-mail : chaeyoung@suwon.ac.kr
*** 정회원・수원대학교 토목공학과 명예교수・E-mail : wsan@suwon.ac.kr

목을 반영하는 과정에서 유역이 속한 지역의 특성에 맞게 가중치와 항목이 적절하게 고려되어야 함을 명시하고 있지만 세부항목별 가중계수 β값을 정해두고 산정 절차를 따르다 보니 지역별 특성을 고려하는 세심함이 부족해져서 현장적용에 있어 유연성이 부족한 것이다. 따라서 현재에는 홍수피해잠재능의 항목을 선정함에 있어 기존의 항목에 수문학적인 요소들을 추가하고 더불어 유역의 특성에 따른 객관적이고 전문적인 해석과 동시에 유연성을 가질 수 있는 방법이 필요하게 되었다.

이렇듯 다양한 기준의 요소들을 최선으로 만족시키는 대안을 찾기 위해서는 여러 인자들의 기준을 고려한 다기준 의사결정(Multi-Criteria Decision Making, MCDM)이 주로 이용되며, 그 중에서도 Saaty(1971)가 개발한 계층화 분석과정(Analytic Hierarchy Process, AHP)이 많이 사용된다. 계층분석과정에 의한 연구는 수자원 분야에서도 1990년대 이후 꾸준히 진행되어 오고 있는데 이는 사용의 편리함과 언어적 상대비교(linguistic pairwise comparison)를 통한 정량화가 가능하기 때문으로 보인다.

본 연구에서는 추후 홍수피해잠재능을 현장에 적용하는 데 있어 보다 합리적인 결정을 하기 위한 방법으로 유역별 특성을 고려한 전문가집단의 설문결과를 계층화분석기법(AHP)을 이용해 표준화 하고 이를 PFD항목 산정에 반영하여 결과를 도출하고자 한다.

2. 적용

2.1 홍수피해잠재능(PFD) 항목 선정

홍수피해잠재능 평가 시 유역 특성을 반영하기 위해서는 피해대상(잠재성), 피해 가능성, 방어취약성 등을 고려하는 것이 필요하다. 따라서 Table 1과 같이 기존 수정 PDF에 외수력 취약성과 우수관로 미설치비율을 추가한 보완PDF를 작성하였다.

표 1. PFD항목의 선정

구분	요소	항목
수정 PFD	피해대상(잠재성)	자산, 인구밀도, 중요시설, 자연·문화 자원
	(피해)가능성	확률강우량, 홍수피해액 밀도, 불투수면적비(도시화율), 지형학적 특성(평균경사)
	방어취약성	외수방어취약성, 댐 및 저수지, 내수방어취약성
↓		
보완 PFD	외수방어취약성(완성제방), 댐 및 저수지, 내수방어취약성 **+ 우수관미설치비율, 외수력취약성**	

2.2 AHP를 통한 상대적 가중치 작성

방어취약성에 포함된 항목인 외수방어취약성(완성제방), 우수관 미설치비율, 외수력취약성, 댐 및 저수지, 내수방어취약성약성을 사회성, 경제성, 기술성, 환경성에 비추어 평가하는 이원비교

(Pairwise comparison)를 실시한다(Table 2). 이때의 이원비교는 요소들간의 우선순위 설정을 위한 상대적 중요도(Relative Importance Weights, RIW) 산정을 위함이다.

표 2. 1단계 항목 간 이원비교

	항목 간 이원비교				EE	RIW
	사회성	경제성	기술성	환경성		
사회성	1.000	5.000	0.500	7.000	2.050	0.361
경제성	0.200	1.000	0.200	4.000	0.630	0.106
기술성	2.000	5.000	1.000	7.000	2.890	0.490
환경성	0.143	0.250	0.143	1.000	0.270	0.043

그리고 상대적 중요도는 의사결정 행렬의 고유요소를 표준화함으로써 결정한다. 고유요소 산정(Estimated Eigenelement, EE)은 행렬의 열에 해당하는 모든 요소를 곱하여 열의 요소의 개수만큼 제곱근을 하여 얻어진다. 마지막으로 가중치는 $P=\frac{\sum(riw)}{\sum(ee)}$에 따라 각 항목에 고유요소 산정(Estimated Eigenelement, EE)값과 상대적 중요도(Relative Importance Weights, RIW)값을 바탕으로 우선순위(Priorities)를 산정한 후, 가중치 값을 부여하였다. 가중치 산정결과 Table 3와 같이 외수방어와 외수력 항목에 대해 유역별 차이가 있음을 확인할 수 있다.

표 3. 가중치 산정

만경강	외수 방어	외수력	댐 저수지	내수 방어	우수관
가중	0.189	0.196	0.192	0.212	0.209
순위	5.000	3.000	4.000	1.000	2.000
최종	0.100	0.200	0.100	0.300	0.300

2.3 보완 가중치값을 통한 PFD산정

만경강은 유역의 평균경사가 17.5%로 매우 완만한 유역적 특징을 가지고 있으며, 하천에 인접하여 농경지가 발달해 있다. 특히 만경강의 중류부 및 전주천의 중·상류부는 하천을 중심으로 도시 및 주거지가 밀집되어 있으며, 안양천 유역에 비해 만곡부가 심하다고 볼 수 있다. 보완된 항목을 바탕으로 Fig 2와 같이 만경강의 PFD를 산정한 결과 6개의 지역에서 등급이 바뀌었다. 즉, 홍수피해잠재능 지수가 2단계 상향한 지역들의 경우 무차원화 하여 적용한 값에 대한 우수관 미설치율(평균 0.40) 및 외수력(평균 0.79)이 높았고 홍수피해잠재능 지수가 2단계 하향한 지역들의 경우 무차원화 하여 적용한 값에 대한 우수관 미설치율(평균 0.16) 및 외수력(평균 0.23)이 상대적으로 낮았다

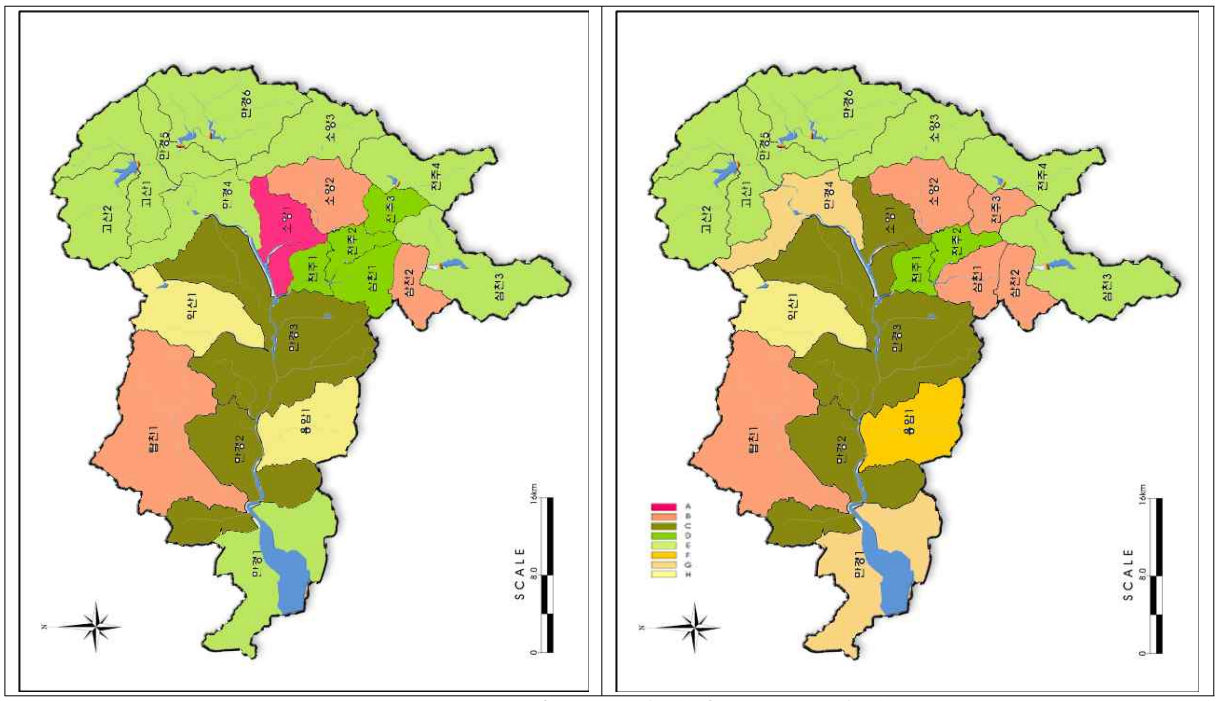

그림 2. 만경강 수정PFD(좌)와 보완PFD(우)

즉, 개선 PFD방어능력 값과 수정 PFD방어능력 값의 상, 하향이 결국 전체 값의 변화로 이어져 최종 PFD산정값을 변화시키는 것으로 나타났다

3. 결 론

하천의 최적홍수피해잠재능 산정 시 필요한 자료의 가중치를 설정하기 위해 AHP기법을 이용하여 다중인자들을 정량화한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 과거 기술자들이 주관적으로 결정한 가중치 값에 우수관 미설치율과 외수력을 더한 다중인자들의 선호도를 산정하여 보다 합리적으로 객관화함으로써 최적의 가중치 설정 및 홍수피해잠재능을 산정할 수 있었다.

둘째, 계층으로 조직화된 홍수피해잠재능 항목의 선정은 다중인자들을 사회성, 경제성, 기술성, 환경성을 고려하여 수학적이고 체계적인 방법에 의해 수치화하여 홍수피해잠재능 계산 시 고려되어져야 할 항목들의 순위를 도출하였다.

셋째, 기존 방어 취약성 항목인 외수방어취약성, 댐 및 저수지, 내수방어취약성에 우수관미설치율과 외수력취약성이 더해짐에 따라 홍수피해잠재능의 등급이 안양천에서는 6개의 구역의 등급이 높아졌고, 5개 구역의 등급이 낮아졌다. 그리고 만경강에서는 3개의 구역의 높아졌고, 3개 구역의 등급이 낮아졌다. 즉, PFD의 방어능력 값 변화가 최종 PFD 산정 값에도 영향을 준다는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 본론에서 제시된 계층화분석기법에서 설문을 충분히 분석한다는 전제하에 만경강과 지역을 대상으로 하였으며, 유역의 도시화에 정도에 따른 우수관 미설치율과 외수력의 무차원값의 차이가 유의미하였다. 추후 비슷한 조건을 가진 타 유역의 적용을 통한 추가적인 연구를 통한다면 보다 세부적이고 현실적인 홍수피해잠재능을 산정할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

고진석 (2014). 수자원 개발계획의 최적대안 선정에 관한 연구: 저수지재개발사업의 평가지표 및 가중치 산정. 박사학위논문, 영남대학교

박석근 (2006). 홍수피해발생 잠재위험도 산정방안 연구, 석사학위논문, 인하대학교.

변성호 (2008). 구조적 홍수방어 대안의 계층화분석(AHP)을 위한 정책성 평가 방법 개발. 석사학위논문, 한양대학교.

안재현, 강두선, 윤용남 (2007). 치수단위구역 설정 및 홍수피해잠재능 산정의 개선방안 연구. 물과 미래, 제 40권. pp. 38-45

여규동, 김길호, 이상원 (2011). AHP 가중치도출을 위한 쌍대비교의 수정비율 개발. 국토연구원, 제 71권, pp. 25-46

이재문 (2012). 하도홍수량 분배를 위한 PFD 산정방법 개선과 계획하폭의 최적화. 박사학위논문, 동국대학교.

이정호, 전영준, 안재현, 김태웅 (2009). 유역종합치수계획의 구조물적 홍수방어 최적대안 선정을 위한 계층화분석기법(AHP)적용 방안. 한국방재학회논문집, 제 9권. pp. 117-126

이현재, 심명필 (2002). 계층화분석과정(AHP)에 의한 가뭄시 용수배분 우선순위 의사 결정. 한국수자원학회논문집, 제 35권. pp. 703-714

Dyer, J.S. (1990). Remarks on the Analytic Hierarchy Process. Management Science, Vol. 36, No.3, pp. 249-258

Lootsma, F.A. (1991). Scale sensitivity and rank preservation in a multiplicative variant of the AHP and SMART. Technical Report 91-67, Faculty of Technical mathematics and Informatics, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

Saaty, T.L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, pp. 234-281

Saaty, T.L. (1990). An exposition of the AHP in reply to the paper Remarks on the analytic hierarchy process. Management Science, Vol. 36, No.3, pp. 259-268

Triantaphyllou, E. (2000). Some new cases of ranking irregularities when the AHP and some of its variants are used. Working Paper, Dept. of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA.

Wen, Shu-Yao., Ma, Zhan-Qing., Zhou, Zhi-Hao. and Ma, Yi-Jie. (2000). The application of Analytic Hierarchy Process(AHP) method in sustainable development evaluation and Environment in the Yangtze Basin, Vol. 9, No.2, oo. 201-205.