

하천 위험도 평가를 위한 위험지수의 개발

Development of Risk Index for Evaluation of River Risk

김상호* ,황신범**, 조아라***, 이종태****

Sang Ho Kim, Shin Bum Hwang, Ah Ra Cho, Jong Tae Lee

요 지

집중호우로 인한 자연재해는 대부분 하천을 중심으로 발생하며, 설계빈도를 초과한 홍수량을 인해 제방을 월류하거나 제방의 붕괴로 인해 피해가 발생하게 된다. 일반적으로 제방 붕괴와 같은 홍수의 위험으로부터의 취약성을 감소시키는 동시에, 홍수에 의한 피해에 대해 빠른 복구가 이루어질 수 있도록 하는 정책을 홍수 경감 대책이라고 하며, 홍수에 대비하는 정책은 홍수의 주기 및 재해특성과 관련이 있고, 인간과 사회에 대한 잠재적인 피해를 줄이기 위해 필요하다.

본 연구에서는 여러 가지 이유에 의해 발생하는 제방의 붕괴 현상이 복잡한 수리학적 또는 토질·기초 공학적 현상 등에 의하여 일어나기 때문에 이에 대한 발생 원인을 규명하는 것이 쉬운 일은 아니나, 일반적 월류, 세굴, 침하 및 지진 등으로 꼽히는 제방 붕괴 위험 원인들을 검토하여 제방 붕괴를 유발할 수 있는 하천의 위험 인자들을 제시하고자 하였다. 이를 토대로 하천 내 주요 지점에 대한 위험도를 산정할 수 있는 기법을 개발하고 시험유역을 대상으로 하천에서 발생 가능한 위험 지구를 선정하여 그 타당성을 검토하고자 하였다.

핵심용어: 하천 위험도, 위험지수, 만곡도, 제방붕괴

1. 서 론

최근 지구 온난화와 같은 기상이변으로 인하여 많은 재해가 일어나고 있으며, 태풍이나 집중호우와 같은 강우현상으로 인해 하천 범람 등의 홍수피해가 해마다 증가하는 추세에 있다. 이와 같은 홍수의 위험 감소와 홍수 피해에 대한 빠른 복구가 이루어지도록 하는 정책을 홍수 경감 대책이라고 하며, 홍수에 대비하는 정책은 홍수의 주기 및 재해특성과 관련이 있고, 인간과 사회에 대한 잠재적인 피해를 줄이기 위해 필요하다. 홍수를 대비하기 위해 하천에 설치되어지는 하천 제방은 가장 직접적인 홍수 방어기능을 수행하고 있으며, 이러한 하천제방은 대상지역의 여러 특성을 분석하고 반영하여 구축되어진다. 하지만 제대로 분석이 이루어지지 않을 경우 제방이 홍수 방어능력을 상실하게 되고 결국은 제방의 붕괴에 이르게 되며, 짧은 시간내에 많은 인명과 재산 피해를 일으키는 것이 특징으로 국내·외에서 여러 사례들을 찾아볼 수 있다. 제방의 붕괴현상은 복잡

* 정회원 · 상지대학교 건설시스템공학과 부교수 · E-mail : kimsh@sangji.ac.kr

** 비회원 · 한국건설기술연구원 수자원 · 환경연구본부 하천 · 해안항만연구실 연구원 · E-mail : drifftt@sate.com

*** 비회원 · 상지대학교 건설시스템공학과 석사과정 · E-mail : choar35@naver.com

**** 정회원 · 경기대학교 토목공학과 교수 · E-mail : jilee@tgu.ac.kr

한 수리학적 또는 토질·기초 공학적 현상 등에 의하여 일어나므로 그 발생을 규명하는 것이 용이한 일은 아니나, 일반적으로 그 원인 월류, 세굴, 침하 및 지진, 제체의 불안정 등으로 나누어 볼 수 있다.

본 연구에서는 일반적인 제방의 붕괴 원인과 관련된 위험인자들을 검토하여 하천에 대한 지점별 위험도를 산정하여 기준을 제시하는 하천 위험도 위험지수 산정 개발에 있으며, 시범유역을 대상으로 본 연구에서 개발된 위험도 산정 기법을 검토하고자 하였다.

2. 하천 위험도 산정 기법 개발

위험도 인자 제시를 위하여 일반적으로 제방의 붕괴 원인인 월류, 침식, 제체 불안정 및 하천 구조물에 의한 붕괴 등의 유형을 구분하였으며, 구분된 유형들을 분석하여 최종적인 인자를 제시하였다. 표 1은 제방 붕괴의 원인을 분석하여 제시된 인자들의 평가 기준을 나타낸 것이다.

표 1. 인자별 평가 기준

구분	인자명	설명 및 평가 방법
기하학적 인자	만곡도	하천의 만곡정도(만곡도 유로중심부의 길이) 사행과장 - 만곡도의 크기에 따라 절대평가
	단면축소	하도 내 하폭의 축소비율(단면축소 하폭 W_i) 하폭 -1) - 단면축소비에 따라 절대평가
	합류부	본류에 대한 지류의 유입 각도 - 합류부의 유입각도에 따라 절대평가
수리학적 인자	편수위	만곡부의 외측 수위 상승고 $\Delta h = \frac{2B}{2g} \left[\frac{1}{r_c} \left(1 + \frac{B^2}{12r_c} \right) \right]$ (Ippen과 Drinker(1962)) - 편수위 상승 정도에 따라 절대평가
	여유고	계획홍수위에서 제방고까지의 여유고 부족 정도 - 여유고 부족값에 따라 절대평가
	소류력	세굴을 유발할 수 있는 소류력의 크기($=\gamma S$) - 소류력의 크기에 따라 절대평가
수공 구조물 인자	둑마루폭	하천 제방의 최상부 넓이 및 제방의 두께 - 하천설계기준에서 제시된 기준의 만족/불만족 여부 조사
	형하고	계획홍수위와 교량 상부구조물의 하단부까지 높이 - 하천설계기준에서 제시된 기준의 만족/불만족 여부 조사
	경간장	교량의 교대와 교각 및 교각과 교각 사이의 길이 - 하천설계기준에서 제시된 기준의 만족/불만족 여부 조사
정성적 인자	제방 노후화	제방 노후화에 따른 구성재료의 불안정으로 인한 제체 침하 및 파이핑 현상 발생 흔적 조사 - 제방 완공 시기 조사 - 과거 발생 여부 조사
	구조물 노후화	제방에 설치된 구조물의 노후화에 따른 제방과 구조물간 접합력 약화 - 구조물 내·외관 조사에 따른 노후 여부 조사

제시되어진 인자들을 선정되어진 실제 하천에 적용하였으며, 다양하고 일반화된 인자들의 분석 결과를 얻기 위하여 하천의 특성이 다른 감천, 남강, 평창강을 대상 유역으로 선정하여 인자들의 평가 기준에 따라 위험도 분석을 실시하였다. 인자의 분석에는 정략적인 값을 나타내는 인자와 위험의 유/무의 기준으로 평가되는 인자를 나누어 분석을 실시하였다. 또한 각 인자의 중요도에 따른 가중치를 부여하기 위하여 설문지를 통하여 전문가들의 의견과 제방 붕괴의 사례별 유형을 함께 고려하여 높은 신뢰성의 가중치를 얻으려고 하였다.

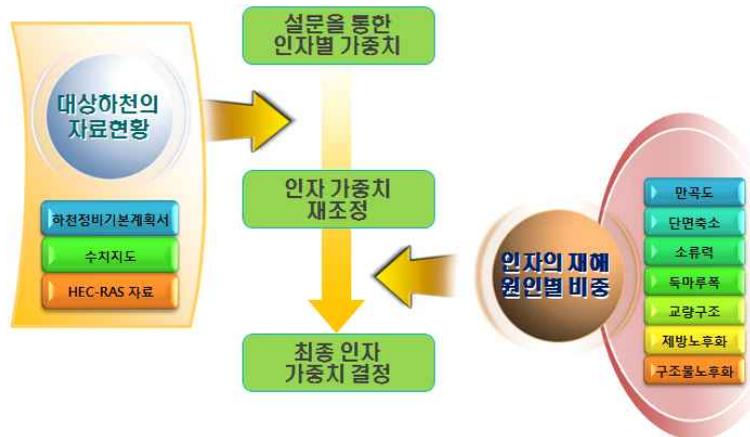


그림 1. 인자 가중치 결정 과정

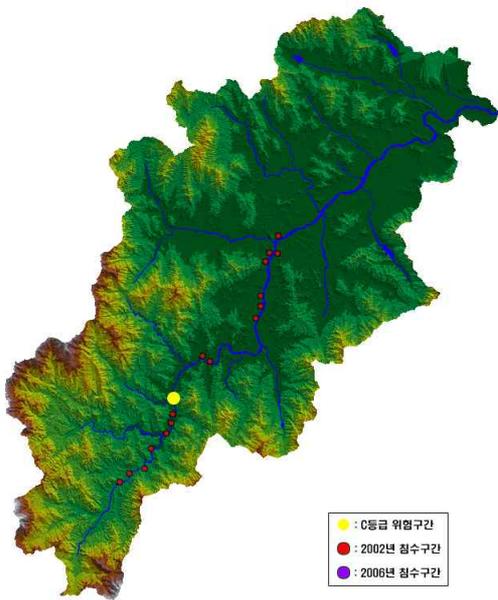
이렇게 얻어진 가중치를 기존의 인자 분석 결과에 재 적용하여 위험도를 평가하였다. 하지만 위험도의 평가는 대상 유역의 기본 자료의 분석으로만 이루어지기 때문에 자칫 산악지형 등과 같이 지형이나 하천의 특성상 위험도가 높게 산정되거나 위험성이 전혀 없는 경우가 나타날 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 위험도 평가를 실시한 후 위험지역으로 판명되어진 구간을 현장 답사를 통하여 위험지역의 위험도를 재검토 과정을 실시하였다. 그림 2는 하천의 위험도를 산정하는 절차에 대한 흐름도를 나타낸 것이며, 표 2는 분석되어진 결과 값을 바탕으로 점수별 위험도의 분류 결과이다.



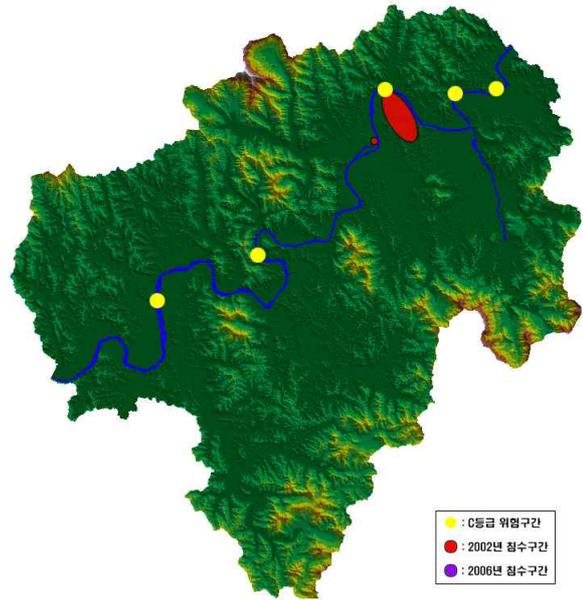
그림 2. 하천 위험도 산정 절차

표 2. 위험도 평가 등급

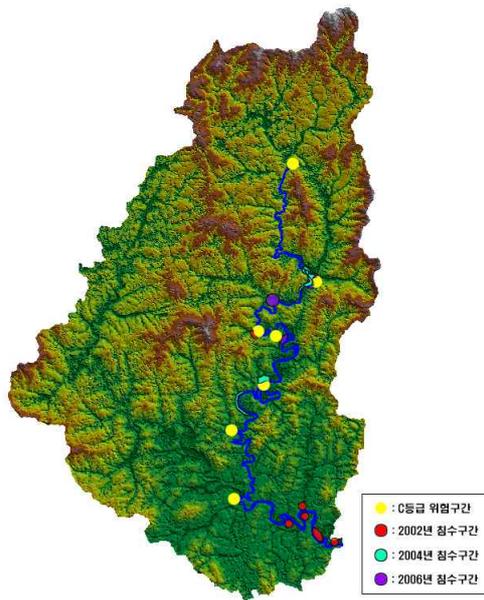
위험도	등급	위험상태
200점 이하	A	안전
200점~400점	B	보통
400점~600점	C	약간 높음
600점~800점	D	높음
800점 이상	F	매우 높음



(a) 감천



(b) 남강



(c) 평창강

그림 3. 대상 하천 위험도 평가 결과 및 과거 침수구역

그림 3은 위험도 평가에서 약간 위험의 C 등급 범위에 해당되는 지역을 도시한 그림으로 본 연구에서 개발되어진 하천 위험도 산정 결과에 대한 검증을 위해 과거 대상하천에서 발생한 홍수 피해지역을 함께 그림에 나타내었다. 그 결과 예측되어진 위험 지역이 과거 홍수 발생 지역과 일치하고 있는 것으로 나타났다.

3. 결과

본 연구에서 제방 붕괴의 일반적인 원인으로 꼽히는 월류, 세굴, 침하 및 지진 등을 검토하여 일반화된 위험 인자들을 제시하였으며, 이를 토대로 하천 내 주요 지점에 대한 위험도를 산정할 수 있는 기법을 개발하고 시험유역을 대상으로 하천에서 발생 가능한 위험 지구를 선정하여 그 타당성을 검토하였다.

검토 결과 개발되어진 기법으로 분석되어 예측되어진 하천 위험지역이 과거 침수 지역과 일치하는 것으로 나타나 타당한 예측 결과를 분석하는 것으로 판단하였다. 이렇게 개발되어진 하천 위험도 산정 기법은 추후 하천에서 홍수 발생시 제방 붕괴가 우려되는 지점을 위험도로 표현하여 제시함으로써 제방 붕괴에 대비한 하천 방재체계를 실현하는데 도움이 될 수 있으며, 하천의 치수 사업시 우선 순위선정에 활용이 가능할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(NEMA-09-01, 제방붕괴에 따른 피해 및 경제적 손실예측모형 개발)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

1. 건설교통부/한국수자원공사(2000). 수자원장기종합계획 보고서.
2. 건설교통부/한국건설기술연구원(2004). 하천제방 관련 선진기술 개발 최종보고서.
3. 한국수자원학회(2009). 하천설계기준·해설.
4. Hagerty, D.J. (1991). *Piping/Sapping Erosion. I: Basic Considerations*. J. of Hydraulic Engineering, Vol. 117, No. 8, pp. 991-1008.
5. Hagerty, D.J. (1991). *Piping/Sapping Erosion. II: Identification-Diagnosis*. J. of Hydraulic Engineering, Vol. 117, No. 8, pp. 1009-1025.